LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

EDISON

Una idea auténticamente brillante



NATIONAL GEOGRAPHIC

THOMAS ALVA EDISON es uno de los hombres que más ha hecho por dotar al mundo de su actual aspecto. Este inventor estadounidense, el más prolífico del siglo XX, patentó más de mil ingenios que lo convirtieron, ya en vida, en un personaje legendario. Fueron determinantes sus contribuciones al desarrollo del fonógrafo, el telégrafo, el teléfono o los primeros aparatos que ofrecían imágenes en movimiento, precursores del cine. Pero sin duda su obra cumbre es haber llevado la iluminación eléctrica a prácticamente todos los rincones del planeta merced a la primera lámpara incandescente viable y el desarrollo de la primera central energética. Su manera de trabajar, en grandes centros y rodeado de los mejores talentos del momento, sentó un precedente en el modo de operar de las empresas de investigación y desarrollo actuales.

LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

EDISON

Una idea auténticamente brillante

NATIONAL GEOGRAPHIC

MARCOS JAÉN SÁNCHEZ es periodista y divulgador. Ha trabajado como guionista de radio y televisión en programas de difusión de la cultura, indistintamente en los ámbitos científico y humanístico. Es colaborador habitual en medios audiovisuales, radiofónicos y escritos.

Revisión científica realizada por la Dra. GEMMA RIUS, profesora adjunta en el Nagoya Institute of Technology (Nagoya, Japón).

Realización: EDITEC

Diseño cubierta: Llorenç Martí

Diseño interior: Luz de la Mora

Infografías: Joan Pejoan

Fotografías: Archivo RBA: 55ai, 77, 99a, 99b, 109, 111, 113, 125ai, 139, 149, 151a, 151b, 154; Biblioteca de Queens: 125b; Biblioteca del Congreso de Estados Unidos: 28, 55b, 82, 107a, 125ad; Edison Memorial Tower Corporation: 85a, 85b; James Kanjo: 31; Museo de Innovación y Ciencia, Schenectady, Nueva York: 107b; NYPL Digital Gallery: 55ad; Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos: 43; Stetson University, Florida: 53; Swampyank: 161; Thomas Edison National Historical Park: 23ai, 23ad, 23b, 45, 51.

ISBN: 978-84-473-7671-1
Depósito legal: B-13296-2016

Impreso y encuadernado en Rodesa, Villatuerta (Navarra)

Impreso en España - *Printed in Spain*

Sumario

Introducción

El nombre de Thomas Alva Edison se ha convertido en sinónimo de la palabra «invento». Como protagonista activo de la primera revolución de las comunicaciones, fue el primer inventor que se convirtió en una estrella internacional y también el primero cuya figura adquirió una dimensión legendaria ya en vida, una figura creada con mimo por la prensa, que transfiguraba en cita magistral cada comentario que salía de sus labios.

No solo fue considerado un «mago» de la tecnología en su país, sino también en Europa, y al fin y al cabo, en todo el mundo industrializado, siendo uno de los responsables de la convicción generalizada en aquella época de que el lugar del planeta donde se estaban llevando a cabo los avances científicos y tecnológicos más importantes era Estados Unidos, una impresión que, con mayor o menor acierto, aún perdura. De ese modo, Edison, y todas las figuras parecidas que emergieron después de él, contribuyeron a situar al país norteamericano en la posición de liderazgo industrial y económico con la suficiente influencia internacional para coronarse como árbitro político durante el siguiente siglo.

Actualmente los historiadores de la ciencia han revisado y depurado la generosa colección de mitos y leyendas sobre el personaje, e incluso sus propios actos y obras se han vuelto a examinar en profundidad con espíritu crítico, por lo que hoy resulta más fácil separar la realidad de la exageración bondadosa y de la

pura ficción y acceder a una imagen más rigurosa del trabajo del inventor. De ese modo, la realidad se presenta en su desnudez y es posible constatar que, además de ofrecer el ejemplo paradigmático del genio de «ideas brillantes» con capacidad para transformar la vida de las personas a su alrededor, el caso de Edison es interesante en muchos otros aspectos. La importancia tecnológica y económica de sus grandes aportaciones, sobre todo la iluminación eléctrica y su sistema de distribución, son equiparables a la de los grandes inventos de los últimos doscientos años, comenzando por la máquina de vapor hasta llegar a Internet. El impacto de la red eléctrica que Edison diseñó alrededor de su célebre bombilla de filamento incandescente sería uno de los elementos clave que conduciría al mundo desde una edad industrial, caracterizada por el carbón y el vapor, a una era posindustrial, en la cual la electricidad se unió al petróleo, los metales ligeros y aleaciones, y los motores de combustión interna para configurar el carácter del siglo XX. La huella de aquella era se proyecta todavía sobre el mundo actual, permanentemente maravillado por la efervescencia de la ingeniería electrónica.

Simplemente considerando las contribuciones de Thomas Alva Edison en el campo de la telegrafía, esto es, el telégrafo automático y el telégrafo múltiple, los especialistas tienen suficiente como para proclamarlo el inventor de dispositivos eléctricos más importante de su época. Pero lo cierto es que el repaso de los principales inventos de Edison ofrece también la interesante oportunidad de aprender sobre el proceso de la invención, su organización y su interrelación con el contexto social, económico y político. Al estudiar los detalles del proceso a través del cual Edison y su equipo persiguieron y conquistaron el objetivo de desarrollar un sistema práctico de iluminación eléctrica y una red funcional de distribución de energía se observan los principios de la práctica de la investigación y el desarrollo que, desde entonces hasta ahora, se han convertido en el camino principal en el mundo de la innovación tecnológica.

Sus fulgurantes éxitos iniciales proporcionaron al inventor los medios necesarios para construir un laboratorio único en su género, el primer «taller» de investigación del mundo, en un pe-

queño pueblo de la campiña de Nueva Jersey. En el laboratorio de Menlo Park, rápidamente incorporado al mito, Edison y un grupo de leales colaboradores construyeron una auténtica «fábrica de inventos», según sus propias palabras, con el fin de realizar todo tipo de investigaciones prácticas, ya fuera por encargo o de manera independiente, que produjeran invenciones que dieran respuesta a las necesidades de sus conciudadanos. Allí vieron la luz la primera versión funcional y comercializable del teléfono y el fonógrafo, pero, sobre todo, fue el escenario de los arduos trabajos emprendidos para resolver el problema conocido entonces como la «subdivisión de la luz», es decir, la producción y distribución de luz por medios eléctricos.

El esfuerzo de Menlo Park por fabricar una bombilla incandescente operativa se acabó convirtiendo en una larga aventura a la caza de los materiales adecuados y, al mismo tiempo, una lucha por parte de Edison contra la desconfianza de los inversores, que esperaban resultados tan rápidos y contundentes como todos los anteriores. El inventor acabó empeñando su fortuna personal, pero finalmente logró desarrollar e implantar el sistema de distribución de luz eléctrica basado en su bombilla de filamento incandescente que ponía uno de los pilares esenciales del mundo tal y como se conoce hoy día. No obstante, cometió un grave error al insistir en el empleo de la corriente continua en su sistema, a pesar de las muchas razones que sus propios expertos le presentaron a favor de la corriente alterna.

Por otro lado, no hay que olvidar que, aunque el estudio de la electricidad en todos los aspectos relativos a su aplicación absorbió la mayor parte de su tiempo, Edison se interesó también por otros sectores industriales. Se ocupó en la producción de cemento y de materias químicas, y en la separación electromagnética del hierro. También hizo grandes avances en la fabricación de baterías y acumuladores para automóviles. Con todo, nunca acabó de conseguir en estos sectores la posición preeminente que había logrado con tanta contundencia en los terrenos de la innovación por los que es más conocido.

El modelo de inventor que propone la figura de Edison no solo sirve para constatar la importancia inmediata de las tecnolo-

gías que ideó, sino que contiene otra característica interesante que justifica la atención que se le ha prodigado. En el transcurso de sus investigaciones registraba con meticulosidad todo su trabajo. Cuando a finales de la década de 1870 se propuso la monumental tarea de desarrollar un sistema de alumbrado eléctrico y la subsiguiente red energética, documentar el trabajo que se hacía en el laboratorio era ya una costumbre seguida de modo concienzudo por todos los miembros de su equipo. Por ese motivo hoy es posible consultar el registro documental de toda una era de la innovación, una oportunidad extraordinaria que ayuda a comprender con mayor intimidad las raíces del mundo actual, configurado por la tecnología.

Asimismo, estudiar ese momento seminal permite echar una mirada a los procesos de la invención y los factores que la determinan, que resultan tan decisivos como la investigación misma para el desarrollo y aplicación de la tecnología, como se verá en el caso de la luz eléctrica. Sin apreciar las conexiones íntimas entre el progreso técnico y el progreso del ser humano, que es su principal agente, es imposible comprender verdaderamente la idea de progreso. Los registros que Edison llevó a cabo en Menlo Park y en sus empresas ofrecen una radiografía esquemática de cómo fue lo que ahora se denomina I+D en un momento crucial de la historia. Consciente de su dependencia de los inversores, Edison empleó su monumental campaña de investigación sobre los materiales adecuados para construir la bombilla incandescente con el objetivo paralelo de explorar nuevas maneras de organizar la propia actividad de la invención. Él mismo aplicaría las lecciones aprendidas más adelante, al levantar su gran complejo de investigación en West Orange, Nueva Jersey, donde daría a luz, entre otros inventos, el kinetoscopio. Pero, más importante aún, todo ese capital de conocimiento registrado en libretas, cartas, patentes y otros documentos se acabaría empleando en el futuro para impulsar empresas creadoras más grandes y ambiciosas por todo el mundo.

De igual modo, el trabajo de Edison entre 1878 y 1882, cuando abrió su primera central eléctrica comercial en la neoyorquina Pearl Street, prefigura la naturaleza sistémica de las tecnologías

modernas de gran escala. Edison entendió pronto que necesitaba desarrollar un sistema integral para acomodar su luz eléctrica, y en el proceso de conseguirlo, según reflejan sus documentos, esa vaga noción se fue convirtiendo en una profunda comprensión de la complejidad que supone crear sistemas tecnológicos. El futuro vería el desarrollo de sistemas mucho más grandes y sofisticados y la creación de instrumentos económicos que dejan pequeñas las empresas de Edison, pero a través de sus esfuerzos, el inventor ejerció una influencia enorme en ese futuro.

Edison sigue siendo hoy día la quintaesencia del héroe norteamericano, tanto por su historia de ascenso desde la miseria hasta la opulencia como por su legendaria superación de la ignorancia hasta la genialidad. Dejó más de mil patentes a su nombre, aunque, con la excepción del fonógrafo, no se sabe a ciencia cierta cuántos inventos fueron creación directa suya. Él mismo confesaba sin reparos que su talento residía en concebir cosas que necesitaban ser inventadas y en convencer a inversores para que financiasen su fabricación mientras él averiguaba cómo se hacían o, más frecuentemente, contrataba a alguien para descubrirlo. Sumergirse en el trabajo que Edison y sus colaboradores emprendieron para identificar y resolver toda clase de problemas técnicos y empresariales a la hora de crear sus inventos y convertirlos en tecnología útil y rentable, particularmente en lo que respecta a la luz eléctrica, es el primer paso de un apasionante viaje de exploración a través de la innovación tecnológica tal y como se comprende en la actualidad.

1847 Thomas Alva Edison nace el 11 de febrero en Milan, Ohio.

1853 La familia Edison se traslada a Port Huron, Michigan.

1859 Edison trabaja como vendedor de periódicos en el ferrocarril Grand Trunk.

1862 Aprende el oficio de telegrafista. Durante toda la Guerra de Secesión trabaja como operador de telégrafo, recorriendo gran parte de Estados Unidos.

1869 Primera patente: el contador automático de votos. Abandona su empleo en la Gold and Stock Telegraph Company para fundar su primera empresa, Pope, Edison & Co.

1870 Abre su primer taller-laboratorio en Newark, Nueva Jersey.

1871 Inventa el Impresor Universal de Cotizaciones y se casa con Mary Stilwell.

1872-1874 Desarrolla el telégrafo automático y el telégrafo cuádruple.

1876 Levanta el legendario laboratorio de Menlo Park, en Nueva Jersey.

1877 Mejora el teléfono de Bell, aplicándole el micrófono de carbón, e inventa el fonógrafo de cilindro de estaño.

1878 Comienza sus trabajos sobre la «subdivisión de la luz».

1879 La primera lámpara de filamento incandescente luce más de cuarenta horas. Primera exhibición pública de un sistema de alumbrado eléctrico en Menlo Park.

1880 Edison patenta la bombilla incandescente de filamento de carbón.

1882 Se inaugura la primera central eléctrica de Estados Unidos en Pearl Street, Nueva York.

1883 Se registra la patente sobre la lámpara de «efecto Edison».

1884 Muere Mary. Dos años más tarde Edison se casa con Mina Miller.

1887 Edison crea un gran complejo de investigación en West Orange, Nueva Jersey, donde perfecciona el fonógrafo.

1888-1892 El equipo de Edison desarrolla el kinetoscopio. Primeras filmaciones cinematográficas en el estudio Black Maria con el kinetógrafo, una cámara de cine.

1893 Presentación mundial del kinetoscopio.

1927 Edison traspasa la dirección de su corporación a sus hijos Charles y Theodore.

1931 Fallece el 18 de octubre en su residencia de Glenmont, en West Orange.

CAPÍTULO 1

La leyenda del genio precoz

El mito de Edison se compone de una serie de célebres anécdotas que anticipan al héroe futuro, aunque en su mayoría son falsas. Sin embargo, los hechos esenciales de sus primeros años han podido comprobarse: nació en tierras fronterizas, en una estirpe de pioneros; su familia se arruinó con la llegada del ferrocarril, y él tuvo que trabajar desde niño y educarse de modo autodidacta, trazándose un objetivo: triunfar en el nuevo mundo dominado por la tecnología.

Thomas Alva Edison nació el 11 de febrero de 1847 en la pequeña localidad estadounidense de Milan, Ohio, a orillas del río Hurón. Era la edad dorada de la navegación en los canales de los Grandes Lagos, un territorio fronterizo con Canadá cuando todavía era una colonia británica. Fue el séptimo hijo de Nancy Elliot y de Samuel Ogden Edison.

Nancy Elliot (1810-1871), de origen anglo-escocés, había ejercido de maestra de escuela antes de casarse; era una mujer con carácter, muy inteligente y gran aficionada a la ciencia, en contraste con la estricta instrucción religiosa que había recibido de su padre, un predicador baptista. Los Elliot habían emigrado desde Connecticut a Canadá después de la guerra de la Independencia estadounidense (1775-1783) en busca de fortuna. El bisabuelo Elliot había luchado a las órdenes del general George Washington en el Ejército Continental, el ejército formado tras el estallido de la guerra por las trece colonias que se convertirían en los Estados Unidos de Norteamérica.

Samuel Ogden Edison (1804-1896) era de origen anglo-holandés y procedía de una familia de agitadores políticos de colores contradictorios. El bisabuelo de Thomas Alva había huido de la horca a la que había sido condenado por simpatizar con los británicos durante la guerra de la Independencia y se había refugiado en Canadá. El abuelo siguió su línea, distinguiéndose como capitán

del ejército en la guerra contra Estados Unidos de 1812. Sin embargo, Samuel Ogden se involucró en una revuelta armada contra el gobierno monárquico canadiense, por lo que tuvo que escapar a Estados Unidos para salvar su vida dejando a la familia atrás.

Los Edison habían logrado reunirse de nuevo en Milan, hallando prosperidad y cierta paz, pues la intensidad de los conflictos fronterizos entre Canadá y Estados Unidos había disminuido y la zona atravesaba un período de auge económico. El pueblo era un lugar de paso en la ruta de la migración del este al oeste y allí paraban diligencias repletas de buscadores de oro y de familias en pos de nuevos horizontes. Era también uno de los puertos cerealistas más importantes del país gracias a la producción de grano que se enviaba por canales en vapor y velero hacia el río Hurón y el lago Erie con destino a Nueva York.

El padre de Thomas Alva era un hombre con talento para los negocios y espíritu empresarial; cuando nació su séptimo hijo regentaba un aserradero donde trabajaba con madera canadiense suministrada por vía marítima por un amigo estadounidense llamado Alva Bradley, del que el niño recibió su segundo nombre. Al, como llamaban a Edison de niño, tenía grandes ojos azules y la cara redonda. Su cabeza era tan anormalmente grande que el médico del pueblo le diagnosticó algún tipo de problema cerebral. Los vecinos consideraban que era un niño difícil, porque siempre andaba haciendo travesuras, como aquella ocasión, a los seis años, en que prendió fuego al granero «para ver lo que pasaba» y el incendio estuvo a punto de extenderse a todo el pueblo. Su padre lo llamaba «pequeño y nervioso interrogante» porque no paraba de hacer preguntas que a él le parecían irrelevantes.

LA LLEGADA DEL FERROCARRIL

La prosperidad de los Edison se desvaneció súbitamente, en 1853, junto a la atmósfera de progreso en que vivía Milan, cuando se inauguró la línea de ferrocarril a orillas del lago Erie. Recelando del nuevo sistema de transporte, las autoridades locales habían

decidido que la línea férrea circunvalara Milan. No tardó en comprobarse la gravedad del error: como el tren, el tráfico comercial también pasaba de largo. El negocio de Samuel Ogden Edison no pudo sostenerse y la familia quedó arruinada de la noche a la mañana. Tuvieron que empezar de nuevo, para lo cual se trasladaron a Port Huron, en el lago Michigan, una ciudad portuaria en pleno despegue económico gracias a sus prometedoras reservas de madera, carbón y sal.

La familia pasó una época difícil. En algún momento de aquellos años el pequeño Al contrajo escarlatina, que le produjo una pérdida progresiva de audición, agravada más tarde por una infección del oído medio que no fue convenientemente tratada. A los ocho años ingresó en la escuela de Port Huron, donde se dice que, entre su sordera y su abstracción permanente, era el último en clase. A los tres meses, su profesor consideró que no valía la pena perder el tiempo con él. Al parecer, su madre, indignada, lo sacó del colegio y lo educó personalmente. El niño mostró avidez por el conocimiento, y a los nueve años era ya un lector empedernido, aunque aprendía a su manera, sin mostrar demasiado interés en la ortografía y la gramática, disciplinas que nunca llegó a dominar ni siquiera de adulto.

Edison descubrió su verdadera vocación cuando su madre le regaló un libro de iniciación a la física y la química titulado *A School Compendium of Natural and Experimental Philosophy* («Compendio escolar de filosofía experimental y natural»), del pedagogo y divulgador Richard Green Parker (1798-1869). Se encerró en el sótano de casa y realizó todos y cada uno de los experimentos que proponía el autor. Muchas de las pruebas que realizó en su niñez para desesperación de la familia se basaron en ese libro. A los once años el joven Edison se dedicaba a construir telégrafos caseros y a adquirir soltura con el alfabeto Morse. Tendió una rudimentaria línea telegráfica de casi un kilómetro entre su casa y la de un amigo de su edad con alambre extraído de chimeneas de estufa. Usó trozos de bronce a modo de interruptor para la emisión de la señal y baterías de producción casera para suministrar la corriente eléctrica. Al parecer, el dispositivo funcionaba sin problemas.

Cuando Edison tenía doce años, la difícil situación económica de la familia le obligó a ponerse a trabajar. Comenzó en el

ferrocarril como vendedor de periódicos y refrigerios a los pasajeros en el trayecto de tres horas hasta Detroit. El tren partía cada mañana a las 7:00 de Port Huron y llegaba a Detroit a las 10:00. Como el tren de regreso salía a las 16:30, el chico disponía de seis horas y media libres en Detroit, que dedicaba a pasear por los talleres y fábricas y a leer en la biblioteca pública. Fue en esta donde se aficionó a Victor Hugo y donde leyó los *Principia mathematica*, la obra capital de Isaac Newton (1642-1727), en la que describía la ley de la gravitación universal. La física newtoniana, afirmó, le provocó una aversión por las matemáticas de la que nunca se recuperaría. Desde luego, sus futuros colaboradores descubrirían que no era bueno en matemáticas ni como delineante. Su talento estaba en concebir inventos, o más bien en averiguar cómo podían materializarse contratando para ello a los expertos que supieran hacerlo, mientras él convencía a patrocinadores para que le financiasen sus proyectos.

«La única manera de lograr algo es probar.»

— Thomas Alva Edison.

Durante el tiempo que trabajó en el ferrocarril, Edison protagonizó una gran cantidad de anécdotas, pero hubo una que resultó determinante para su futuro. A finales del verano de 1862, Al se percató de que el hijo de dos años de James Mackenzie, el jefe de la estación de Mount Clemens, se había acercado demasiado a las vías mientras un tren se aproximaba y, a toda prisa, se lanzó a por él y lo alejó de allí. Mackenzie, en agradecimiento, le dio un curso intensivo de capacitación como telegrafista y le prometió que intentaría conseguirle un puesto de trabajo. Era el mejor regalo que podía hacerle, porque en 1861 había estallado la Guerra de Secesión, y los operarios de telégrafo capacitados eran los profesionales más solicitados.

Como muchos muchachos de la época, Al estaba maravillado por el telégrafo, que consideraba el invento más importante de la historia. Siempre había acosado con preguntas a los telegrafistas de las estaciones del ferrocarril, intentando averiguar cómo

«WEEKLY HERALD»

Cuando trabajaba en el tren, Edison se interesó por la impresión tipográfica y el periodismo. Compró una pequeña y anticuada prensa y planchas de estereotipia, aprendió su manejo y comenzó a imprimir en el vagón correo una suerte de periódico local, el *Weekly Herald* («Heraldo Semanal»), el primero del mundo que se editaba en un tren. Era pequeño, del tamaño de un pañuelo, y constaba de una sola hoja. En él recogía cambios de horarios, pequeñas noticias locales y notas de la dirección del ferrocarril. A veces incluía noticias recién salidas del «cable», porque el chico tenía amigos entre los telegrafistas de las estaciones del ferrocarril que le informaban de las últimas novedades antes de que estas llegaran a los principales periódicos. Él mismo redactaba, corregía, imprimía y distribuía. Por ello, la publicación adolecía de problemas como el de la pobreza del estilo de la escritura, la deficiente ortografía y la poca calidad de la impresión. Se dice que dejó esa actividad cuando comenzó a incluir chismorreos que le provocaron conflictos con las personas involucradas en ellos.

transmitía la electricidad un mensaje a través del cable, algo que los operadores no sabían responder porque para ello era preciso conocer la estructura de la materia de un modo que aún escapaba a los propios científicos, ya que requería conocer íntimamente el átomo y cómo y por qué se producían los fenómenos ligados a las cargas eléctricas. El chico había descubierto que su sordera parcial no le impedía oír el tintineo del telégrafo. De hecho, representaba una especie de ventaja, porque le permitía captar claramente la señal de la transmisión telegráfica sin que los ruidos ambientales le despistaran. Quizá por influencia de su madre, nunca había considerado su pérdida auditiva como una disminución, sino al contrario, le había ayudado a aumentar su concentración en la lectura y la experimentación, volviéndole más reflexivo.

Con dieciséis años de edad, Edison, habiendo adquirido competencia como telegrafista Morse, decidió lanzarse a la aventura trabajando como telegrafista itinerante en un país convulso por una sangrienta guerra civil. Durante cinco años recorrería miles de kilómetros por todo el territorio estadounidense y también

por Canadá, viviendo en cuartos trasteros alquilados que convertía en talleres-laboratorio. Poseído por el afán de desentrañar los enigmas de la electricidad, dedicaba mucho tiempo en el trabajo a leer números atrasados de la revista *Scientific American*, a esbozar ideas sobre el papel y a construir circuitos eléctricos. Sus superiores se quejaban de su manía de trastear con piezas metálicas, cables y tenazas que llevaba en los bolsillos, aunque aquello también resultara útil cuando se presentaban problemas técnicos.

En aquellos años trabajó a menudo como telegrafista de prensa e hizo amistad con periodistas y editores de relevancia, como el jefe de la agencia de noticias Associated Press. También desarrolló un sistema de transcripción libre de tipos sueltos que facilitaba enormemente la lectura de telegramas. Trabajando en la oficina telegráfica de Indianápolis fabricó una especie de sistema repetidor para señales eléctricas, que reenviaba los mensajes mediante viejos codificadores Morse sincronizados. Los telegramas entraban a una velocidad de 50 palabras por minuto y se reexpedían a 25. No tenía tiempo ni dinero para desarrollar sus ideas, pero comenzaba a brillar por su habilidad como operador y por su talento como técnico de telegrafía. En 1867, dos años después de acabar la guerra, y tras una desalentadora visita a su familia donde las cosas no andaban bien, pensó que era hora de buscar la estabilidad en una compañía telegráfica importante, donde un buen sueldo le permitiera ayudar a sus padres y llevar a cabo sus proyectos. El telégrafo sería su pasaporte para una vida mejor.

TELEGRAFÍA: COMUNIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

A mitad del siglo XIX el mundo occidental se encontraba inmerso en un proceso de industrialización imparable que había comenzado más de cincuenta años atrás y que duraría otro medio siglo. En sus años intermedios la Revolución industrial atravesó una suerte de transición entre su período inaugural, dominado por





FOTO SUPERIOR IZQUIERDA:
La madre de Edison, Nancy Elliot, quien se encargó personalmente de su educación. El libro sobre física y química que su madre le regaló fue fundamental para descubrir su verdadera vocación.

FOTO SUPERIOR DERECHA:
Retrato de un joven Edison como vendedor de diarios.

FOTO INFERIOR:
Casa familiar de Edison en Milan, Ohio.



el vapor, y su período de consolidación, protagonizado por la electricidad, llamados respectivamente la Primera y la Segunda Revolución industrial. El invento del telégrafo fue una de las primeras aplicaciones prácticas de la electricidad; los primeros cables telegráficos se tendieron siguiendo unas líneas anteriormente establecidas: las líneas del ferrocarril energizado con carbón. Ambos expandían su alcance formando una red que parecía acortar las distancias y con ello trastornaba aspectos que habían cambiado muy poco durante siglos, como el tiempo o la velocidad.

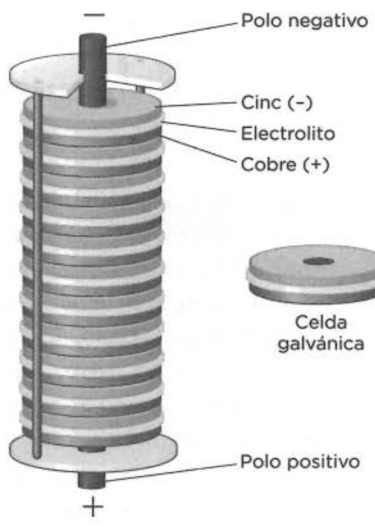
El concepto de electricidad electrostática ya era conocido desde hacía tiempo, pero su aprovechamiento era aún muy limitado, ya que esta no podía ser generada y manejada en cantidades y potencia suficientes como para energizar dispositivos, es decir, para su aplicación práctica, quedando de momento como un fenómeno esencialmente circunscrito a la experimentación de laboratorio. La invención de la botella de Leiden en 1745 por dos profesores universitarios, el alemán Ewald Georg von Kleist (1700-1748) y el holandés Pieter van Musschenbroek (1692-1761), constituye la primera versión de un condensador eléctrico, y permitió almacenar mayores cantidades de energía en forma de electricidad estática. Con ello aparecieron los primeros prototipos de telegrafía eléctrica.

En 1753 en la revista *The Scott's Magazine* apareció un artículo sobre telegrafía firmado por un autor anónimo, que se ha podido identificar como el físico escocés Charles Morrison. En él se describía con minuciosidad el primer aparato telegráfico electrostático. El sistema se componía de tantos pares de hilos metálicos como letras del alfabeto, esto es, 26 pares de hilos aislados entre sí. Cada uno de ellos acababa, en un extremo, en una bolita de médula de saúco, que atraía electrostáticamente un papelito con la letra correspondiente cuando se aplicaba en el otro extremo la electricidad generada por una máquina electrostática. El telégrafo de Morrison quedó en un modelo rudimentario que solo consiguió comunicar mensajes entre dos habitaciones contiguas de su casa debido a la poca potencia y escasa manejabilidad de la electricidad estática.

Durante la última mitad del siglo XVIII y hasta principios del siglo XIX, muchos investigadores experimentaron con el objetivo de transmitir mensajes mediante la electricidad usando cables. Los rígidos generadores electrostáticos producían la energía por fricción, a menudo frotando cuero contra vidrio, pero no podían proporcionarla en la cantidad necesaria para darle un uso industrial. Para eso hacía falta una corriente de generación fiable y continua.

La aparición de la pila eléctrica de Alessandro Volta (1745-1827) en 1800 dio un nuevo impulso a la telegrafía eléctrica. La

LA PILA DE VOLTA



Intrigado por los descubrimientos del anatomista Luigi Galvani (1737-1798) en 1791, en relación a la presencia de electricidad en músculos de animales al contacto con metales diversos, Volta concluyó que si eso ocurría debía ser porque se producía una reacción química en el tejido muscular. Comenzó sus experimentos buscando combinaciones de elementos que generaran electricidad. Ensayó con combinaciones de diferentes metales que, en lugar de estar en contacto a través de tejidos musculares, lo estaban mediante soluciones líquidas. Introdujo los metales en cuencos de salmuera, esto es, agua con una alta concentración de sal, y los apiló. Para que no se derramase el líquido, tapó los cuencos con discos de cobre y cinc, y también de cartón o fieltro humedecido. El italiano descubrió que aquellos apilamientos de discos producían una corriente eléctrica ininterrumpida mediante un proceso químico: el electrolito (elemento líquido) provocaba una reacción combinada de oxidación (producción de electrones) con otra de reducción (defecto de electrones) entre los electrodos (elementos conductores). Las pilas voltaicas fueron el primer dispositivo de almacenaje de energía eléctrica de la historia.

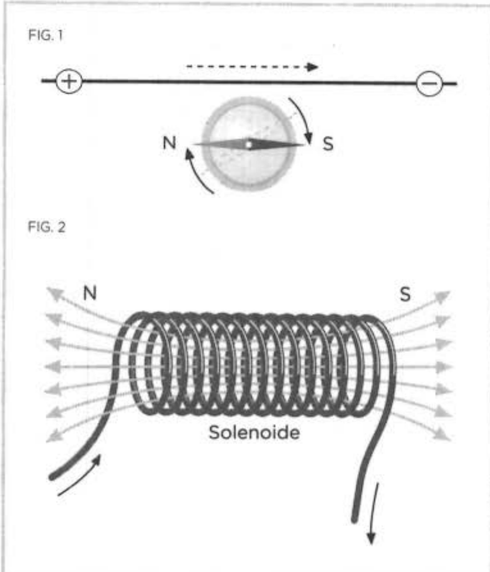


FIGURA 1:
El efecto Oersted: cuando se coloca una brújula sobre un cable por el que circula corriente eléctrica, la aguja se desvía para situarse en ángulo recto respecto al cable.

FIGURA 2:
Ampère descubrió que una bobina cilíndrica de cable por la que pasa una corriente eléctrica se comporta como una barra imantada. Una bobina de hilo conductor aislado y enrollado de modo helicoidal recibe el nombre de solenoide.

pila de Volta producía una corriente eléctrica continua, de baja potencia en los primeros modelos, pero en cantidad mucho mayor y mucho más manejable que la electricidad estática hasta la fecha. Pronto se convirtió en la fuente de electricidad fundamental de científicos e inventores. Sin embargo, para lograr diseñar un sistema de comunicación telegráfica totalmente operativo todavía tendrían que darse una serie de hallazgos científicos esenciales.

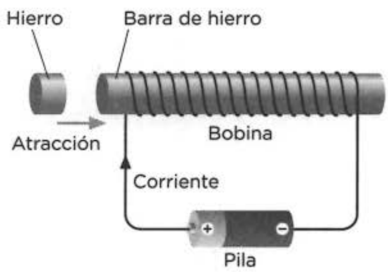
Una vez que ya se disponía de una fuente de energía eficiente, quedaba un gran problema por resolver: a la hora de transmitir o transportar la electricidad para su suministro universal, parte de esta se disipa a lo largo de su recorrido en el seno del material conductor. El camino hacia una solución comenzó a vislumbrarse cuando el físico inglés James Prescott Joule (1818-1889) comprendió el fenómeno de la disipación de la corriente eléctrica en forma de calor. Lo describió como producto de la resistencia del material al desplazamiento de las cargas eléctricas, en que se convertía su energía cinética en energía térmica, lo que hoy se conoce como el «efecto Joule». Pero aun conociendo este efecto, el esfuerzo conjunto de la ciencia y la tecnología habría de encontrar la manera de sobrepasar esta limitación.

Por otro lado, en 1811, el físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851) descubrió un fenómeno que establecería el vínculo definitivo entre la electricidad y el magnetismo: una corriente eléctrica desvía la aguja de una brújula, la cual no es sino un imán (figura 1). Su colega francés André-Marie Ampère (1775-1836) continuó sus estudios. Observó que un cable recorrido por una corriente eléctrica se comportaba de forma parecida a un imán: dos cables paralelos por los que circulaba corriente en la misma

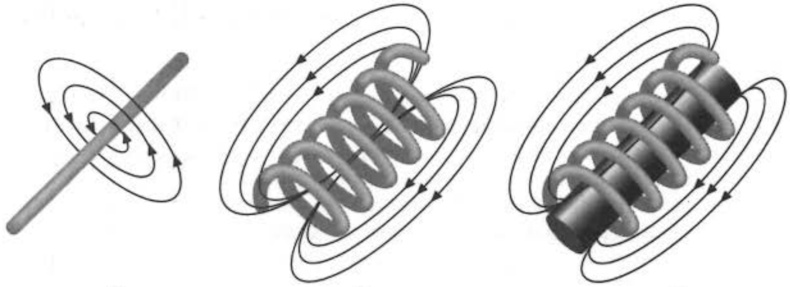
dirección se atraían, pero cuando la dirección era opuesta, se repelían. El francés también descubrió que una bobina de cable en disposición cilíndrica por la que pasa una corriente eléctrica se comportaba como una barra imantada en términos de atracción y repulsión magnética (figura 2). Todas las manifestaciones de fenómenos magnéticos se pueden explicar mediante la fuerza mutua existente entre cargas eléctricas en movimiento.

En 1825, el experimentador electrotécnico británico William Sturgeon (1783-1850) inventó el electroimán. Su innovación consistía en un trozo de hierro con forma de herradura envuelto en una bobina. Cuando circulaba la corriente por la bobina, el campo

FUNCIONAMIENTO DE UN ELECTROIMÁN



Cuando una corriente eléctrica fluye a través de un cable, genera un campo magnético a su alrededor, pero el campo magnético generado alrededor de un solo cable es relativamente débil (A). Al enrollar el cable en forma de bobina, se concentra el número de líneas de campo magnético, y entonces se produce un campo más intenso (B). El efecto del campo magnético se siente todavía mucho más fuerte al introducir una barra metálica en el interior de la bobina (C).



magnético resultante inducido en la barra de hierro permitía levantar un peso veinte veces superior al suyo. Si se interrumpía la corriente, sus propiedades magnéticas desaparecían. Sturgeon podía regular la potencia de su electroimán mediante la magnitud de la corriente eléctrica aplicada, lo que supuso el principio del uso de la energía eléctrica en máquinas capaces de hacer trabajo de forma controlada. El electroimán permitiría hacer realidad el telégrafo, pero también el motor eléctrico y muchos otros dispositivos esenciales en la tecnología de los siguientes años.

Alrededor de 1825 el científico e inventor estadounidense Joseph Henry mejoró el electroimán de Sturgeon usando alambre

JOSEPH HENRY

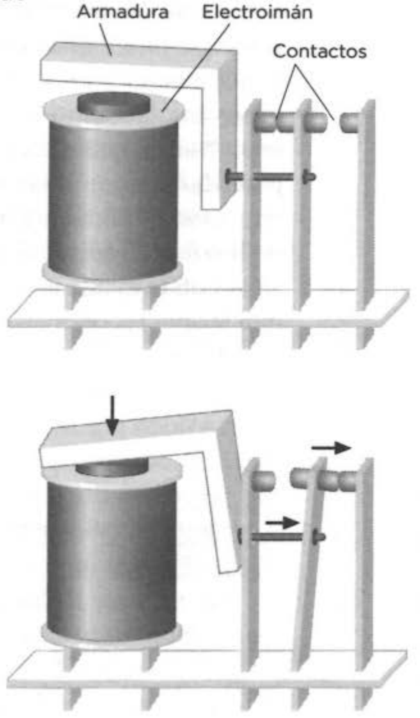


El científico estadounidense Joseph Henry (1797-1878) descubrió la inducción electromagnética, siguiendo los pasos del danés Oersted, para luego enterarse de que el británico Michael Faraday se le había adelantado solo por cuestión de meses. La inducción electromagnética es el fenómeno físico por el cual un campo magnético variable induce una fuerza electromotriz, y es capaz de poner cargas eléctricas en movimiento. En 1831, cuando Faraday aplicaba este fenómeno para construir el primer generador eléctrico, Henry culminaba sus experimentos con electroimanes desarrollando un aparato complementario al de su colega: el motor eléctrico. Las vidas de Faraday y Henry discurrieron en paralelo en muchos otros aspectos: ambos provenían de familias humildes e ingresaron en el mundo laboral desde muy jóvenes, viéndose obligados a abandonar los estudios. Aun así, se alzaron por sus propios medios, gracias a su brillantez y su tesón. En honor de Henry, el Sistema Internacional de Medidas adoptó el henrio como unidad para la inductancia eléctrica. Un henrio (H) se define como la inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el que se produce una fuerza electromotriz de 1 voltio, cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de 1 amperio por segundo.

recubierto de aislante, lo que permitía compactarlo más y aumentar la cantidad de espiras sin temor a cortocircuitos. Al hacerlo se elevaba la intensidad del campo magnético, y con ello, la potencia del electroimán. Finalmente, un elemento definitivo sería el relé —o relevador—, que inventó poco después (figura 3). La combinación de estos dos componentes le permitiría desarrollar el primer sistema de telegrafía eléctrica funcional.

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como interruptor en un circuito eléctrico. Mediante una bobina y un electroimán, acciona un juego de contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos. Henry aplicó relés en su sistema de telegrafía para cumplir la función de repetidores —de ahí el nombre de relevador—, generando una nueva señal a partir de una señal de entrada de baja intensidad. Así es como se podía enviar a puntos muy distantes un mensaje consistente en impulsos eléctricos codificados. Esto sucedía en los primeros años de la década de 1830.

FIG. 3



Las dos fases del relé de Joseph Henry, con contacto y sin contacto.

EL TELÉGRAFO DE MORSE

Como sucedió en tantas otras carreras tecnológicas durante la Revolución industrial, varios inventores trabajaban en paralelo en diferentes países para desarrollar sistemas de telegrafía eficientes. En los años que siguieron a los avances de Henry aparecieron

diversas propuestas, sobre todo en Europa, que no acabaron de funcionar. En aquel momento de frenesí pionero la primera persona que publicaba una teoría científica establecía su paternidad, y, del mismo modo, el primero que patentaba un invento poseía todos los derechos y recibía ciertos beneficios económicos. Joseph Henry, quien en 1831 había inventado el telégrafo, no quiso patentarlo porque creía que el conocimiento debía compartirse con todo el mundo. Fue Samuel Finley Morse (1791-1872) quien se llevó el crédito, al construir el primer telégrafo práctico en 1844 con la ayuda esencial que Henry le ofreció sin reservas, algo que Morse reconocería solo a regañadientes.

Morse no era científico ni inventor; era un destacado paisajista y retratista con interés en la ciencia que se fue apasionando poco a poco por la electricidad. Cuando estudiaba en la Universidad Yale observó que cuando se interrumpía un circuito recorrido por una corriente eléctrica se producían chispas en el interruptor y comenzó a pensar que quizá esas interrupciones podrían llegar a usarse como un medio de comunicación.

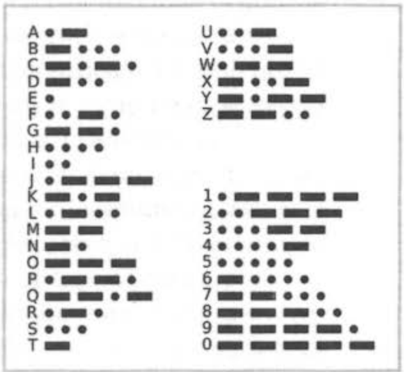
En su viaje a Europa de 1829 a 1832 se puso al corriente de los últimos avances en el campo de la telegrafía eléctrica. Ideó su propio sistema cuando regresaba de Londres a Nueva York. Había oído hablar de la obra que el inglés Faraday acababa de publicar sobre la inducción y, en su largo viaje a través del Atlántico en barco de vapor, dio con la manera de aplicar a su diseño un elemento fundamental, el electroimán. No sabía que Joseph Henry ya lo había incorporado a su modelo de telégrafo.

En enero del año siguiente, realizó la primera demostración pública de su invento. A los cuarenta y un años, abandonó la pintura para entregarse por entero a sus experimentos, con el propósito de llegar a construir un telégrafo comercializable y despertar el interés del público y del Gobierno por él. Para ello necesitaba colaborar con un experto. Sería el ingeniero Alfred L. Vail (1807-1859), con quien se asoció, empeñando sus fortunas personales. Vail le ayudó a desarrollar sus intuiciones, y juntos diseñaron y construyeron el sistema telegráfico que sería adoptado en todo el mundo por su sencillez y simplicidad de manejo. Incluso la gran aportación que lleva el nombre de Morse, el código de puntos y

rayas que emplea el telégrafo, fue producto de la colaboración entre ambos hombres. Durante todos estos años de desarrollo, el inventor se entrevistó a menudo con Joseph Henry y estudió sus hallazgos en este campo.

Morse tardó en conseguir apoyo para implantar líneas telegráficas en Estados Unidos, pero finalmente logró que el Congreso aprobara un proyecto de ley que le proporcionaba 30 000 dólares para construir una línea telegráfica de 60 km. El 24 de mayo de 1844 Morse transmitió desde la Corte Suprema de Estados Uni-

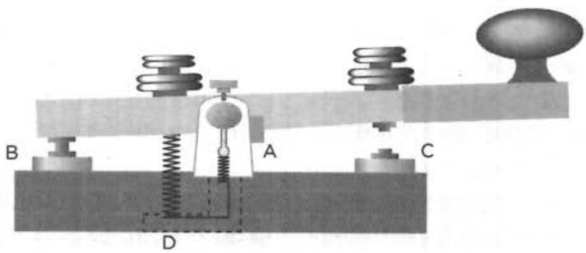
EL CÓDIGO MORSE



El código Morse se basa en combinaciones de puntos y rayas para codificar cada carácter alfabético y numérico. Para desarrollarlo, Morse y Vail estudiaron pormenorizadamente la lengua inglesa. A las letras de uso más frecuente en este idioma les asignaron los códigos más breves, mientras que a las letras menos usadas les dieron los códigos más largos. Sin embargo, el código actual difiere bastante del original. A causa de la configuración técnica del primer sistema telegráfico de Morse, al transmitir no era posible diferenciar impulsos largos de impulsos cortos, y la raya se realizaba transmitiendo dos puntos con un espacio más largo de lo normal. Por ejemplo, las letras «o», «i» se codificaban con dos puntos, y se diferenciaban en el espaciado entre ambos puntos, más largo en la «o» y más breve en la «i». Ya en el siglo XIX los operadores europeos encontraban el código Morse original bastante propenso a errores y comenzaron a perfeccionarlo. Así, el sistema actual de señales constituidas por impulsos eléctricos de muy corta duración y de duración algo mayor es posterior a Morse y de origen europeo. En el código actual, una raya equivale a tres puntos, el espacio entre signos de un mismo carácter es igual a un punto, el espacio entre dos caracteres es igual a tres puntos —es decir, una raya—, y el espacio entre dos palabras es de cinco puntos.

Esquema del manipulador del telégrafo de Morse. A: conexión con uno de los hilos de la línea, conectado a la palanca. B: contacto que cierra el circuito sobre el equipo receptor. C: contacto que envía los impulsos de corriente eléctrica hacia la línea. D: resorte que mantiene la palanca en posición de reposo.

FIG. 4

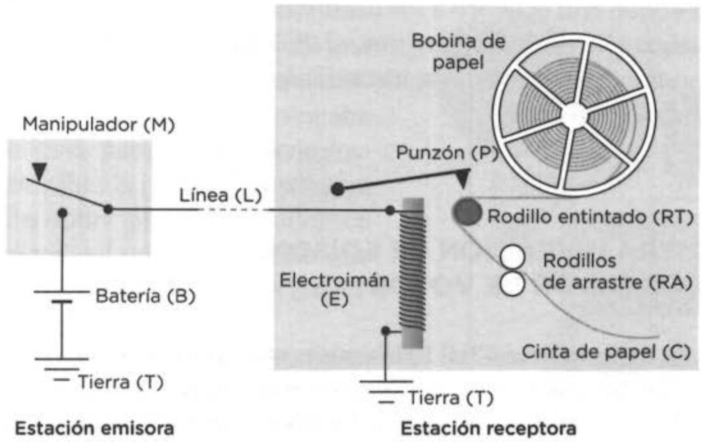


dos en Washington, hasta Baltimore, Maryland, donde se encontraba Alfred Vail, su primer célebre mensaje, una cita de la Biblia: «What hath God wrought» («Lo que Dios ha obrado»). El Gobierno aprobó la adopción del telégrafo Morse.

El sistema se impuso a propuestas alternativas que coexistieron durante algunos años. Aunque algunos modelos de la competencia superaban al de Morse en velocidad de transmisión o no requerían traducción posterior, adolecían de otros problemas, como originar errores de escritura o resultar difíciles de operar. Una vez aprendido el código con cierto entrenamiento, el sistema Morse resultaba el más sencillo y eficiente.

El aparato telegráfico de Morse comprendía principalmente dos elementos: el manipulador y el receptor. El manipulador (figura 4) era una palanca metálica con el punto de apoyo conectado a uno de los hilos de la línea y basculante entre dos contactos, uno conectado al otro hilo de la línea a través de la batería y el otro conectado al receptor de la propia estación. Un resorte mantenía en alto la empuñadura de la palanca, con lo que establecía el circuito del receptor. Cuando el operador accionaba la palanca, se abría el receptor propio, quedando excluido de la línea, y se cerraba el circuito por el otro contacto. De ese modo se enviaba a la otra estación un impulso de corriente eléctrica, que era registrado por su receptor. El manipulador se empujaba verticalmente presionando un pomo. Como los operadores podían llegar a enviar entre 20 y 25 palabras por minuto sin descanso durante un máximo de media hora, tiempo tras el que se hacía un descanso, eran habituales los

FIG. 5



El receptor del telégrafo de Morse funcionaba del modo siguiente: cuando se presiona el manipulador (M) en la estación emisora, se cierra el circuito eléctrico que conecta la estación emisora y la receptora, ambas en contacto a la tierra (T). La corriente eléctrica fluye desde la batería (B) de la estación emisora, a través de la línea de transmisión (L), hasta el electroimán (E) que se encuentra en la estación receptora. El electroimán atrae una pieza metálica en el extremo opuesto de un punzón (P), para que este presione una cinta de papel (C) sobre un rodillo impregnado en tinta (RT). La cinta de papel se desplaza mediante rodillos de arrastre (RA), de manera que, según la duración de la pulsación del manipulador, en el papel se imprime un punto o una raya.

problemas en el brazo y la muñeca, que podían volverse permanentes, sobre todo en los tendones.

El receptor era otra palanca (figura 5). Uno de sus brazos era la armadura de un electroimán de dos bobinas y el otro tenía un punzón que, en reposo y gracias a unos resortes, se mantenía separado, pero enfrentado a muy corta distancia a una cinta de papel que iba desenrollándose de un tambor, accionado por un mecanismo de relojería. Cuando el electroimán —conectado a la línea a través de la posición de reposo del manipulador— recibía un impulso de corriente, atraía su armadura, y así, hacía bascular la posición del punzón. Este llegaba a apoyarse sobre la cinta de papel y la presionaba sobre un rodillo entintado. En la cinta se marcaba un trazo cuya longitud dependía de la duración del impulso: puntos, rayas y la separación entre estos.

La telegrafía se convirtió en un gran negocio. Reemplazó a los mensajeros, al Pony Express, a los barcos clíper y, en general, a todos los medios de comunicación que comportaban un desplazamiento físico del mensaje. Como el establecimiento de grandes redes telegráficas requería inversiones titánicas, el servicio quedó en manos de grandes corporaciones, comenzando por el gigante

del sector, la Western Union Telegraph Company, que recuperaría la inversión con el cobro a los usuarios. Tras una larga historia de investigación, ensayos y errores, al fin los pensamientos del hombre podían extenderse, casi instantáneamente, a largas distancias viajando en un cable.

PRIMERA INVENCIÓN DE EDISON: EL CONTADOR DE VOTOS

El final de la Guerra Civil había supuesto un estallido económico en los estados del norte de Estados Unidos, que llevó gran prosperidad a las grandes ciudades. Boston se había convertido en su centro económico y cultural, y la ciudad de acogida de muchos inventores norteamericanos. A través de un amigo, Edison se presentó a una oferta de trabajo en la oficina local de la gran compañía del sector, la Western Union, que había completado, justo antes de la guerra, la primera línea telegráfica transcontinental, y logró que lo contrataran.

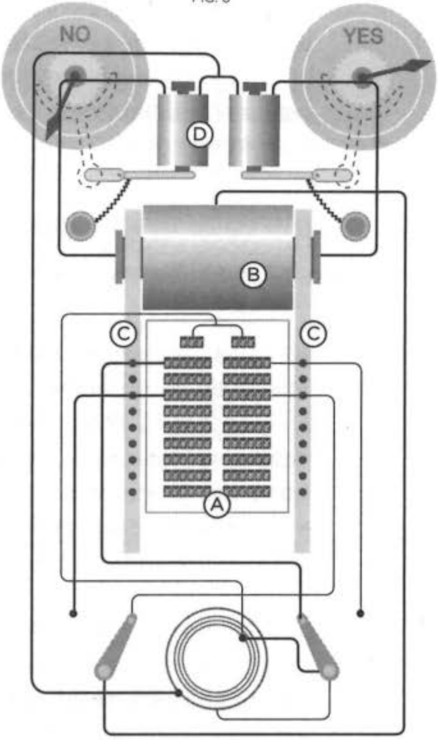
En Boston, Edison frecuentaba los talleres de la ciudad en busca de piezas y herramientas e hizo amistad con algunos inventores, con los que pronto intercambió ideas de grandes proyectos empresariales. En ese entorno consiguió apoyo de varios capitalistas y colaboración de algunos técnicos para desarrollar su primer invento original y comercializable: un contador de votos automático. La primera patente de Edison fue aprobada el 1 de junio de 1869.

En una época en que las votaciones se hacían a mano alzada, en medio de un enorme caos, su invento permitía registrar rápidamente la opción de cada miembro de una cámara legislativa mediante dos botones, SÍ o NO. Los diputados pulsaban un botón y el número de votos se contabilizaba de manera automática en cuestión de segundos, y componía una lista identificando a los votantes de cada opción.

El invento era muy sencillo (figura 6). Los botones, situados en cada asiento, transmitían una señal a una máquina registradora central, que tenía tipos de imprenta de metal con los nombres de

todos los diputados. La máquina distribuía los tipos en dos columnas, SÍ y NO, componiendo una página, como una imprenta convencional. Un operario colocaba una hoja de papel tratada químicamente sobre la página y pasaba un rodillo sobre ella. Los productos químicos del papel permitían que los nombres seleccionados quedaran marcados en él.

FIG. 6



Tal y como puede observarse en la figura 6, A son las dos columnas de nombres de los miembros de la cámara en tipos de imprenta metálicos, una encabezada con la palabra SÍ y la otra, con la palabra NO. Ambas contienen los nombres de todos los votantes, es decir, por duplicado, uno frente al otro. B es un cilindro metálico que se desplaza sobre dos raíles de caucho o goma dura (C), y D es la fuente de energía. El dispositivo funciona de la siguiente manera: la plancha de los nombres y el rodillo están conectados a un circuito, mediante los cables que se aprecian en la figura. Cuando los votantes presionan sus botones, los tipos con su nombre en la columna correspondiente establecen contacto eléctrico, cerrando uno de los circuitos —la columna del SÍ o la del NO—. Al desplazarse el rodillo por los raíles aislantes, solo se impresionan los nombres eléctricamente activos, mediante una reacción electroquímica, combinación del tratamiento químico del papel y el circuito eléctrico.

Edison presentó su invento ante una comisión del Congreso de Estados Unidos, pero esta lo rechazó. Al parecer no funcionó demasiado bien en la demostración, y además, el presidente de la

comisión adujo que era mejor contar los votos lentamente, a mano alzada, identificando y anotando uno por uno a cada votante «para tener tiempo de persuadir a nuestros colegas de que cambien de idea cuando están equivocados». A pesar de su fracaso inicial, este sistema sería el precursor de los modernos sistemas de recuento de votos.

«Este invento es lo último que queremos aquí.»

— Congresista de Estados Unidos, sobre el contador de votos de Edison.

Los siguientes intentos de Edison en Boston por hacerse un hueco en el universo de los inventores tampoco funcionaron. Descontento y con apremiantes problemas de liquidez, pensó que debía probar suerte en otro lugar. En junio tomó un barco nocturno en dirección a Nueva York, adonde arribó al amanecer del día siguiente. Su cartera estaba vacía; había gastado sus últimos dólares prestados en un billete solo de ida.

EL INDICADOR DE COTIZACIONES

En la época en que el telégrafo se extendía por Estados Unidos, los iniciados en el código Morse formaban una especie de fraternidad. Al llegar a Nueva York, Edison contactó con el ingeniero y telegrafista Franklin L. Pope (1840-1895), a quien había conocido en la Western Union de Boston. Pope había rodado por todo el país, dibujando y escribiendo para la reputada revista *Scientific American*. Llegaría a ser uno de los ingenieros eléctricos más respetados del país, y sería presidente del Instituto de Ingenieros Eléctricos (IEEE en sus siglas inglesas), el más importante organismo regulador del sector de la electricidad de Estados Unidos.

Pope acogió a Edison en su casa de Elizabeth, Nueva Jersey, y se convirtió en su mentor. En aquel momento trabajaba para la Gold Indicator Company, una empresa que distribuía información de última hora sobre los precios del oro mediante indicado-

INDICADOR FRENTE A IMPRESOR

Desde la fundación de la Bolsa del Oro y la Bolsa de Valores de Nueva York, los mensajeros corrían a toda velocidad con la información de las cotizaciones por las calles donde se ubicaban los edificios de bancos, empresas y agencias de corredores de bolsa. En 1867, el presidente de la Bolsa del Oro, Samuel S. Laws (1824-1921) inventó el indicador de valores del oro con ayuda de Franklin L. Pope. Este dispositivo era una evolución de la tecnología del telégrafo y mostraba las cotizaciones mediante placas con números grabados que iban girando para componer las cifras. Se extendió rápidamente entre las agencias de corredores de bolsa, mediante un servicio de suscripción, y, por tanto, se convirtió en un negocio muy lucrativo. La versión más sofisticada no tardó en llegar. Edward A. Calahan (1838-1912), de la American Telegraph Company, inventó el primer indicador de cotizaciones telegráfico que imprimía los datos, es decir, el primer impresor de cotizaciones. Fue el repiqueteo constante de la impresión telegráfica de las cotizaciones lo que dio el nombre con que el aparato es conocido en inglés, su idioma original, *stock ticker* («chasqueador» de valores).

res de cotizaciones, unos telégrafos automáticos que transmitían las cotizaciones sin cesar, permitiendo seguir las fluctuaciones bursátiles. Durante la Guerra de Secesión el oro había recuperado su importancia como patrón de cambio, y, en el período de inflación e inestabilidad de la posguerra, el servicio de indicadores de cotizaciones se vendió a centenares de agentes de Bolsa, que dependían de él para sus operaciones comerciales. Pope llevó a su joven amigo a la Gold Indicator en busca de una oportunidad.

El presidente de la Gold Indicator, Samuel S. Laws, contrató al joven Edison como supervisor mecánico en junio de 1869 con un sueldo que le parecía entonces una auténtica fortuna y que, en su mayor parte, invertía en la realización de inventos y proyectos. Tres meses después, el 24 de septiembre de 1869 tuvo lugar el escándalo del Viernes Negro. Los financieros especuladores Jay Gould (1836-1892) y James Fisk (1834-1872) habían intentado comprar una elevada cantidad de oro para manipular el precio y controlar el mercado. Los precios oscilaron brutalmente durante

toda una semana afectando también el valor del grano, y al llegar el viernes, cuando el Gobierno intervino por orden del presidente Ulysses S. Grant (1822-1885), se desplomaron. Poco después de aquellas jornadas de infarto, a las que siguieron una retahíla de procesos judiciales, Samuel Laws decidió dejar el negocio y vendió sus patentes a la Western Union, que formó una nueva sociedad llamada Gold and Stock Telegraph Company.

El nuevo presidente estaba interesado en ideas nuevas y originales y ofreció un buen puesto a Edison, quien había demostrado su pericia técnica y su inventiva con algunas mejoras de los aparatos que habían pasado a ser propiedad de la empresa. Edison sabía que podía hacer grandes aportaciones; estaba convencido de que el viejo indicador, que solo mostraba las cotizaciones, era un instrumento tosco y que él podía inventar un aparato más avanzado, un impresor de cotizaciones, que las registraría en una cinta de papel, como los que ya circulaban, pero mejor. Sin embargo, no estaba dispuesto a regalárselo a una gran corporación, como la Western Union. Si lo querían, deberían pagar por él. Edison renunció al trabajo y se unió a Franklin Pope. Al fin el joven se establecía como inventor independiente, con el conocimiento adquirido en los últimos tiempos y desde el corazón de la metrópolis más pujante de Estados Unidos, la ciudad de Nueva York. Pope, Edison & Company nació con la voluntad de plantarse osadamente en el centro de la batalla por la innovación tecnológica como abanderado de los impresores de cotizaciones y los sistemas telegráficos en general. El joven Edison parecía acariciar ya con las puntas de los dedos su sueño de éxito y reconocimiento.

CAPÍTULO 2

La guerra de los telégrafos

El éxito favoreció pronto a Edison gracias a su capacidad de trabajo y a su visión empresarial, lo que le llevó a ahondar en su idea industrializada de la investigación científica: el taller-laboratorio orientado al desarrollo de aplicaciones comerciales. Materializó el concepto por primera vez en Newark, donde realizó importantes avances en telegrafía, viéndose atrapado en la llamada «guerra de los telégrafos».

Durante el tiempo que duró la Pope, Edison & Co, Edison trabajó en una antigua tienda reconvertida en taller-laboratorio con la dedicación acostumbrada, trabajando cada día desde las seis de la mañana hasta la una de la madrugada.

La asociación produjo media docena de patentes en su año de vida, entre las que destacaron un impresor de cotizaciones con el sistema de conexiones integrado en un solo cable y una red de impresores destinados a transmitir información sobre el oro y la libra esterlina, especialmente diseñados para importadores y agentes de cambio.

Los dos socios dieron un golpe de genio estratégico cuando, en lugar de vender su invento a empresas más grandes, lo comercializaron directamente, instalando los equipos en régimen de alquiler, lo que resultaba más barato para los clientes que comprarlos. Este modelo de negocio resultó muy rentable. Al cabo de seis meses, la Gold and Stock Telegraph Company llamó a su puerta para participar en la empresa, y la Edison, Pope & Co se fusionó con la filial de la Western Union. Sin embargo, los antiguos socios no permanecieron juntos, porque el joven inventor se consideró perjudicado en el reparto de beneficios y decidió independizarse. Tal vez su decisión se viera influida por el hecho de que los «cazatalentos» de la Western Union llevaban tiempo rondándole con la propuesta de que realizara encargos para ellos.

EL IMPRESOR UNIVERSAL EDISON

En 1871 Edison desarrolló el Impresor Universal (figura 1) por encargo del nuevo presidente de la Gold and Stock, el general Marshall Lefferts (1821-1876). Era una versión mejorada del telégrafo impresor de cotizaciones operada por un mecanismo más simple que sus predecesores y a la vez más eficaz; además, como era muy resistente se averiaba mucho menos. Su principal ventaja, sin embargo, era que evitaba los problemas de sincronización en red que lastraban de manera generalizada a todos los sistemas telegráficos de impresión de cotizaciones. Gracias a sus características, se convirtió en la opción ideal para las compañías alejadas de Nueva York, que podían operarlo por su cuenta en caso necesario prescindiendo de técnicos.

El dispositivo estaba capacitado tanto para recibir como para transmitir. Para esto último, disponía de una suerte de teclado semicircular cuyos caracteres se correspondían con los tipos de la rueda de impresión (figura 2). La impresión del papel se hacía con papel químicamente tratado, como en el contador de votos, y se entregaba en formato horizontal. Edison rediseñó el rodillo de alimentación del papel para hacerlo más ligero y que rodara con más facilidad, y empleó un papel más fino, lo que también ayudaba a que el conjunto se moviera con mayor rapidez y requiriera menos energía. Como hacía con todos sus inventos, Edison iría modificando esta configuración inicial del aparato en una larga serie de patentes posteriores que suponían más y más mejoras.

La pieza crucial de este ingenio era el tornillo de sincronización (figura 3), que formaba parte de la propia rueda de tipos. Con frecuencia, en una red de impresores de cotizaciones, los aparatos de los diferentes usuarios iban con retraso respecto al emisor y, en ocasiones, se perdían letras por el camino. En el lenguaje de abreviaciones casi cabalísticas que aparecía en las estrechas cintas de papel, esta pérdida de letras podría resultar fatal. Se habían ensayado diversos sistemas mecánicos para solventar el problema, pero el único efectivo y duradero fue el tornillo de sincronización desarrollado por Edison.

FIG. 1

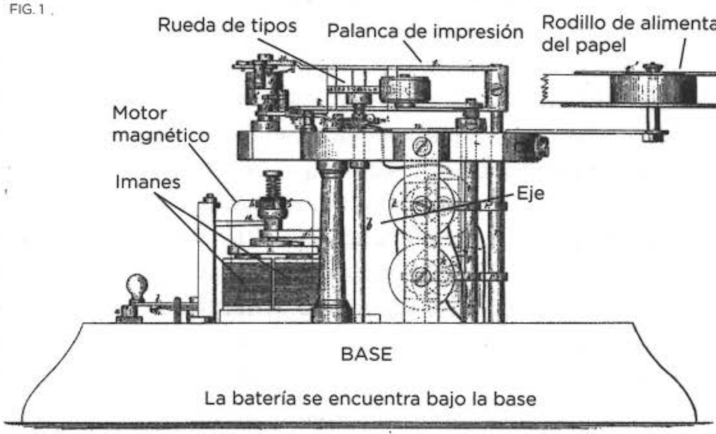


FIG. 2

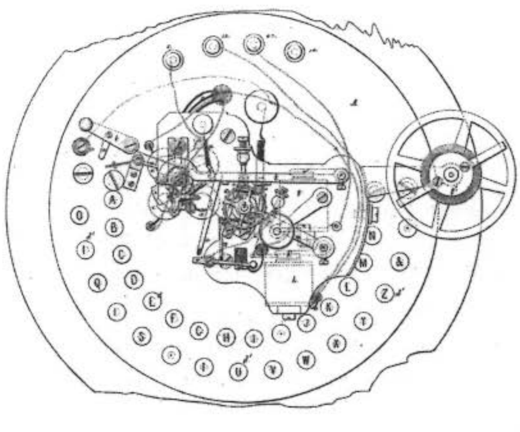
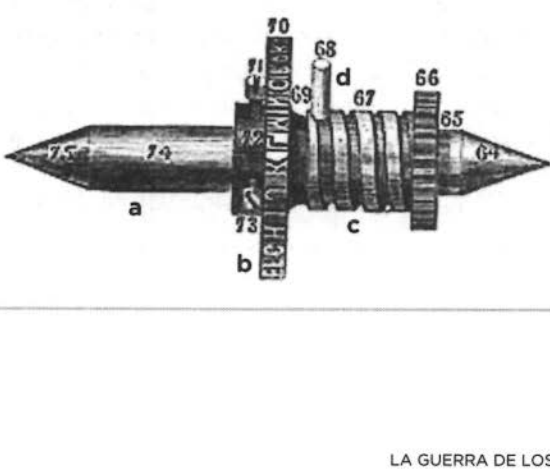


FIG. 3



Este pequeño elemento estaba situado en el eje de la máquina (a) y formaba parte de la propia rueda de tipos (b). Cuando un impresor de la red se retrasaba, el extremo libre de una palanca se desplazaba por la espiral del tornillo (c) hasta que encontraba un tope al final (d), lo cual detenía el giro del eje y devolvía al punto inicial las ruedas de los tipos hasta que se activaba la palanca de impresión de nuevo. Así, se volvía a poner en movimiento el impresor pero en sincronía con toda la red de forma automática. El éxito del tornillo de Edison era que no estaba diseñado como una pieza de una máquina aislada, sino totalmente integrado en el propio mecanismo del impresor en red. El inventor lo concebía precisamente así, como un «sistema integral de conexión instantánea». Los tornillos de sincronización controlaban cada uno de los ejes de los impresores.

EL TALLER DE NEWARK

En el taller de Newark, Edison ensayó por primera vez su concepto del laboratorio industrial, una factoría de investigación científica donde la producción alimentaba a la investigación y viceversa. Funcionaba las veinticuatro horas del día, con Edison como capataz, supervisando el trabajo de fabricación de sus mecánicos en el taller y dedicando el resto del tiempo a experimentar en busca de nuevos inventos en el laboratorio. Al fin tuvo la ocasión de rodearse de gente con gran talento y que compartían su visión del trabajo. Entre ellos destacaba un joven inglés llamado Charles Batchelor (1845-1910), hábil delineante y mecánico, que había aprendido su oficio en la industria textil, quien permanecería a su lado durante muchos años. Los talleres de Edison se volvieron cosmopolitas, pues el inventor contrató a menudo talentos europeos, como el delineante John Ott (1850-1931), compatriota de Batchelor, John Kruesi (1843-1899), un relojero suizo, o Sigmund Bergmann (1851-1927), un mecánico alemán que no hablaba inglés cuando llegó pero cuya destreza, dijo Edison, hablaba por él. Todos estos hombres realizarían grandes logros junto a su mentor estadounidense, y con el tiempo, se establecerían por su cuenta desarrollando carreras con brillo propio. Algunos de ellos regresarían a Europa para fundar algunas de las que resultarían las compañías eléctricas más importantes del Viejo Continente. A pesar de su juventud, por aquel entonces Edison era considerado ya uno de los más sobresalientes técnicos en telégrafos, y sus colaboradores se enorgullecían de trabajar para él.

Edison había aceptado el encargo sin haber acordado sus honorarios ni a quién pertenecerían los derechos de patentes. Al acabar el trabajo el general Lefferts le preguntó cuánto quería. El joven inventor no supo qué responder y prefirió dejarlo en manos del otro, al que dijo que deseaba que le hiciesen una oferta. Le ofrecieron 40 000 dólares, que para él era una inesperada fortuna, pero con la condición de reservar para la Gold and Stock toda invención o perfeccionamiento referido a impresores de cotizaciones. Al cabo de un mes todo el capital se había esfumado invertido en nuevo instrumental técnico, pero, sin duda, la estrella de Edison había comenzado su ascenso imparable.

Edison recibió un pedido de la Western Union de 1 200 impresores de cotizaciones por valor de medio millón de dólares. En aquel momento disponía de un taller con dieciocho operarios. Si



El edificio que albergaba el taller de Edison en Newark carecía por completo de interés arquitectónico, pero estaba situado en la céntrica Ward Street y disponía de los numerosos servicios necesarios para atender a las trescientas personas que trabajaban allí.

quería satisfacer el pedido, tendría que multiplicar la capacidad de sus instalaciones y sus trabajadores como mínimo por tres. A raíz de ello, la propia Western Union le sugirió también un socio comercial, William Unger. El inventor conocía la dudosa reputación del gigantesco *trust*: se sabía que los magnates del sector telegráfico competían con métodos poco escrupulosos, como las grandes compañías ferroviarias. Ahora bien, aunque aceptar a Unger pudiera comprometer su reciente autonomía, pues aquel defendería por encima de todo los intereses de la Western Union, también era cierto que los directivos de aquel consorcio apoyaban mucho más activamente la investigación que cualquier otro grupo y que sus financieros no tardarían en comercializar cada invento y pequeña mejora que introdujera en sus aparatos. Edison aceptó la sociedad, aunque algunas biografías aseguran que de hecho no tuvo otra opción que hacerlo. Como fuere, hoy en día no cabe duda de que sus patentes contribuyeron en mucho a hacer que la Western Union Telegraph Company lograra la preeminencia en el sector.

«Un impresor que no dispusiera de un tornillo unison [de Edison] sería considerado inútil e invendible.»

— **Edward Calahan, inventor del primer impresor de cotizaciones.**

La nueva empresa, Edison & Unger, abrió sus oficinas en el tercer piso de un edificio de la Ward Street en Newark, Nueva Jersey. Allí Edison organizó su primer taller mecánico importante, basado en la idea del taller-laboratorio que tenía en su cabeza desde los últimos años. Con ello comenzaba un período activo de su vida como inventor y fabricante de aparatos eléctricos en que podría desarrollar su talento con libertad y contratar a selectos colaboradores. Había llegado solo un año antes a Nueva York hambriento, sin un céntimo ni perspectiva alguna de trabajo, y ya era un empresario en auge.

En la primavera de 1871 los negocios de Edison en Newark prosperaban. No había visitado su hogar desde hacía tres años y envió una carta a sus padres, en la que les hablaba de su buena suerte, les ofrecía dinero y les comunicaba su intención de visi-

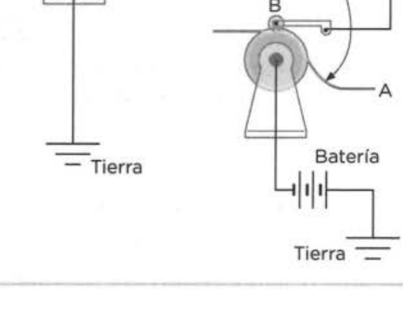
tarles en breve. Antes de que realizara esa visita, recibió un telegrama con la noticia de la muerte de su madre. Tras los funerales, de vuelta a Newark, el inventor se sumergió en el trabajo, intentando despejar la mente. La pérdida de su madre le afectó durante mucho tiempo.

EL TELÉGRAFO AUTOMÁTICO

La Automatic Telegraph Company se había fundado en Nueva York en 1870 con el objetivo de explotar las patentes sobre el telégrafo automático del británico George Little. Este aparato estaba diseñado para transmitir mensajes a velocidades muy superiores a las que podían alcanzar los operadores de telégrafo Morse, y se había creado con la intención de desbancar a su antecesor. Un operador a mano transmitía entre 25 y 40 palabras por minuto, frente a las 60-120 de los telégrafos automáticos ingleses.

El principio general de la telegrafía automática, o rápida, era la perforación del papel (figura 4). Mediante un teclado parecido al de una máquina de escribir, o a mano, se perforaba una cinta de papel con puntos y rayas, como correspondencia del mensaje en el código Morse. Cuando la cinta pasaba por el transmisor de alta velocidad, generaba señales eléctricas en base a la codificación Morse. El transmisor consistía en un cilindro rotatorio (A) y una aguja de metal (B). Cuando, al pasar el papel, llegaba una perforación, bien fuera un punto o una raya, la aguja hacía contacto eléctrico con el cilindro, que estaba debajo, cerrando el circuito. Al otro lado de la línea, cuando el receptor automático recibía las veloces seña-

FIG. 4

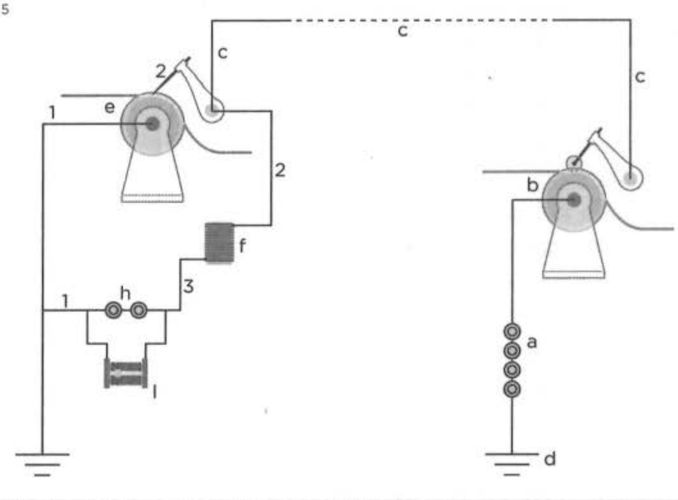


les intermitentes, estas producían una descarga eléctrica en otra aguja de metal (C) que atravesaba una cinta de papel sensibilizada mediante un tratamiento químico para reaccionar rápidamente al contacto con la aguja y registrar marcas en forma de puntos y rayas, o sea los equivalentes a las letras en Morse.

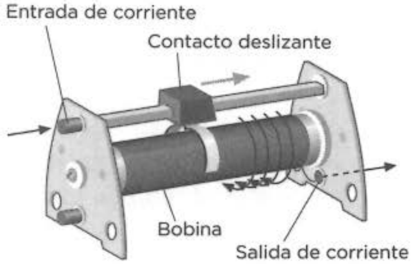
No obstante, aunque la velocidad de transmisión fuera superior, los telegramas automáticos requerían mucho tiempo de preparación para trasladar el texto a la cinta perforada, y luego había que descodificar también el Morse que llegaba al receptor. El dispositivo resultaba excelente a la hora de enviar mensajes largos, como los boletines de noticias de la Associated Press. Ahora bien, para enviar mensajes cortos, los más habituales, era mejor acudir a un operador a mano, que podía leer las breves frases del texto escritas por el cliente y transmitirlas directamente en código Morse.

A pesar de los problemas que aún presentaba, los directivos de la Automatic Telegraph estaban convencidos de que los fundamentos de la telegrafía automática y del dispositivo inventado por Little eran sólidos. Sensiblemente perfeccionado, aquel nuevo telégrafo podía cambiar las reglas del juego en el mundo de la telegrafía, de modo que lo llevaron a Newark.

FIG. 5



QUÉ ES UN REÓSTATO

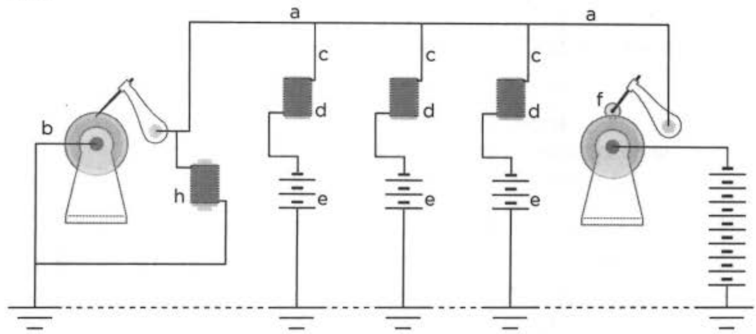


Un reóstato es un componente electrónico destinado a introducir una resistencia eléctrica variable entre dos puntos de un circuito. Por lo tanto, hace una función similar a la de un potenciómetro, pero en este caso es un dispositivo de dos terminales y no trabaja en base a un divisor de tensión como parámetro de control de la potencia o intensidad de corriente. El reóstato es capaz de soportar tensiones y corrientes muchísimo mayores y de disipar potencias muy grandes. Se emplea para arrancar motores o cualquier tipo de tarea dentro de un circuito eléctrico que requiera variación de resistencia en condiciones de elevada tensión o corriente.

El dispositivo de Little estaba basado en un mecanismo electroquímico. Como el papel tratado químicamente era significativamente frágil, los impulsos más débiles podían hacerlo reaccionar. A menudo, en esta clase de telégrafos, los pulsos eléctricos eran demasiado potentes y causaban marcas distorsionadas en el papel, haciendo que los caracteres no se distinguieran o se solaparan unos con otros. Edison ideó un sistema para regular la cantidad de corriente que pasaba por el papel y suministrar una inversión ajustable de la corriente al final del impulso para neutralizar cualquier distorsión y conseguir así una definición nítida para cada marca impresionada.

Este objetivo se lograba con un circuito (figura 5) donde una pila (a), estaba conectada a través del transmisor (b) a la línea (c), con la toma de tierra usual (d). Entre la línea y el receptor (e) se había hecho una derivación del circuito con un reóstato, esto es, una resistencia variable (f), y una pila (h). La derivación desviaba parte del impulso eléctrico y el reóstato ajustaba la proporción de corriente que debía pasar por él en función de la resistencia

FIG. 6



del papel. Los polos de la pila h estaban colocados de manera que producían un flujo de electricidad en dirección opuesta a la de la línea principal a través del circuito 1, e, 2, f y 3. La acción inversa de la corriente disminuía la potencia del pulso de manera que, al atenuarse la perforación del papel, la marca se viera nítidamente. Se había situado un segundo reóstato (l) entre los polos de la pila h para que su acción fuera también variable y solo llegara al papel la corriente inversa necesaria para producir el efecto deseado.

Otro de los problemas del telégrafo de Little se encontraba en la gran longitud de los cables de las líneas. La telegrafía rápida producía un tráfico muy intenso y sobrecargaba la línea con facilidad. Una línea sobrecargada, es decir, con demasiados portadores de carga eléctrica (electrones) circulando, producía un exceso de carga eléctrica estática y «parásita» en el cable. La electricidad estática acumulada producía distorsiones en las marcas del papel del receptor. La única manera de impedir el problema era reducir la velocidad de transmisión, lo cual iba en detrimento de la deseada agilización de la comunicación.

Para solucionar esta cuestión, Edison propuso una versión adaptada de su reóstato (figura 6). A lo largo de la línea principal (a) y en las estaciones receptoras (b) dispuso una serie de derivaciones (c) con reóstatos (d) y pilas de menor potencia (e) que la del transmisor (f) que enviaban una corriente de polaridad opuesta. Al aplicar esta corriente eléctrica inversa, disminuía la intensidad

neta de corriente (de hecho, disminuía la cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo) que circulaba por la línea y, por tanto, disminuía el exceso de carga estática acumulada sin interferir la señal del transmisor. En suma, enviando una leve corriente inversa, se reducía la intensidad eléctrica de la corriente entrante y se almacenaba carga más lentamente en el cable, por lo tanto, disminuía este efecto.

Con frecuencia, una de las partes más importantes del trabajo de Edison y sus colaboradores a lo largo del proceso de invención era la investigación sobre los materiales. El equipo de Edison se enfrascaba en largas búsquedas de materiales cuyas propiedades fueran adecuadas para lograr las funciones deseadas. Una vez conseguido que el telégrafo automático fuera más preciso en la

AUMENTA LA FAMILIA EDISON



Mary Stilwell.

Mientras trabajaba en el perfeccionamiento del telégrafo automático Edison vivía alojado en habitaciones. En aquellos mismos meses conoció a Mary Stilwell, una joven de dieciséis años, de familia pobre y muy bien considerada en el pueblo, maestra de escuela dominical y trabajadora en el taller de Newark. La pareja contrajo matrimonio el 25 de diciembre de 1871. El inventor compró una gran casa de ocho habitaciones en Newark para instalar una familia que ambos preveían numerosa. El matrimonio tuvo tres hijos. A los dos primeros Edison les puso motes telegráficos: les llamó *Dot* y *Dash* (Punto y Raya). Al poco tiempo, se sumó otro miembro: Edison invitó a su padre a vivir con ellos. Samuel Ogden Edison, aunque ya por entonces de edad muy avanzada, seguía casi tan ágil como cuando había escapado de Canadá unos cuarenta años atrás. De hecho, pronto se dedicaría a colaborar con su hijo muy activamente.

escritura y pudiera alcanzar más velocidad produciendo líneas despejadas, los hombres de Newark se dieron cuenta de que necesitaban desarrollar un tipo de papel que pudiera responder a la velocidad a la que escribía su receptor. La solución química que impregnaba la cara impresionable del papel que empleaba Little no reaccionaba con la suficiente rapidez, obligando a reducir la velocidad de la transmisión; además resultaba muy cara.

«Dadme un problema y seis meses, y lograré fabricar cualquier invento.»

— Thomas Alva Edison.

Para resolver el problema, Edison se sumergió durante meses en el estudio de la química del papel. Como cualquier buen investigador, se hizo con todo tipo de documentación y material sin reparar en el precio o el lugar a donde tuviera que ir a buscarlo: París, Londres, Nueva York, etc. Al cabo de unos meses había leído todo lo publicado sobre el tema y hecho centenares de experimentos. El resultado fue el desarrollo de una disolución de sal férrica que reaccionaba muy rápido pero que a la vez era muy estable. Además, tenía una ventaja añadida nada desdeñable: preparar esta solución costaba solo entre 5 y 6 céntimos por galón. Edison lo denominó papel «al carbón». Con el tiempo, este tipo de tratamiento químico daría origen al papel de parafina.

Al final del proceso, los hombres del equipo de Edison habían hecho mucho más que perfeccionar el telégrafo rápido. Lo habían rediseñado por completo y habían creado íntegramente un nuevo sistema de telegrafía automática, capaz de transmitir entre 500 y 1 000 palabras por minuto, con patentes para todos sus componentes. Edison se había convertido en el principal inventor de la compañía, demostrando que su idea del laboratorio industrial generaba los resultados esperados. Su grupo de colaboradores, expertos en áreas distintas, había permitido cubrir por completo, y en un período de tiempo asombrosamente corto, el proceso de perfeccionamiento progresivo que suele darse en esta clase de sistemas, donde varios inventores desarrollan patentes a lo largo de

JAY GOULD



Jason «Jay» Gould (1836-1892) fue uno de los principales industriales responsables del desarrollo del ferrocarril y un impopular especulador financiero. Se considera el arquetipo del «barón ladrón», un término peyorativo que se aplica a los poderosos empresarios norteamericanos del siglo XIX que empleaban prácticas de explotación para amasar su fortuna. Las habituales estrategias de Gould eran hacerse con el control de recursos públicos, ejercer influencia política por cualquier medio, pagar salarios extremadamente bajos, comprar compañías de la competencia para crear monopolios y manipular el mercado mediante operaciones bursátiles explosivas. Comenzó su ascenso aprovechando la crisis de 1857, considerada la primera crisis económica global. Cuando entró en el negocio del ferrocarril, se asoció con el agente de bolsa y ejecutivo financiero James Fisk. Juntos llevaron a cabo múltiples operaciones para controlar el sector ferroviario, y fueron responsables del Viernes Negro, el 24 de septiembre de 1869, que estuvo a punto de hundir la economía estadounidense, obligando a intervenir al Gobierno de la nación. En la cima de su carrera, diversificó sus intereses y entró en el negocio de la telegrafía, provocando la «guerra de los telégrafos» contra la gran Western Union, propiedad de la familia Vanderbilt, aunque la lucha en este bando la personalizaría el presidente de la compañía, William Orton (1826-1878). En aquellos años, las maniobras para dominar el telégrafo acabaron convirtiéndolo, en manos de los grandes magnates, en un instrumento de manipulación, muy alejado de la idea de servicio al bien común para el que había sido creado.

varios años hasta que el dispositivo llega a una versión funcional que finalmente se comercializa.

Sin embargo, la historia del telégrafo automático fue breve. Cuando estaba a punto de iniciarse su fabricación en serie, la Atlantic and Pacific Telegraph, la corporación telegráfica del financiero Jay Gould, compró la Automatic Telegraph, incluidos los

derechos de las patentes y los servicios de Edison. Gould estaba desarrollando una estrategia a largo plazo para debilitar financieramente a la Western Union y así proceder después a comprarla. Se mostró poco interesado en el telégrafo automático y obligó expresamente a seguir telegrafiando a mano a pesar de que aquel invento había demostrado gran fiabilidad. A la larga, acabaría repudiándolo alegando deficiencias en su funcionamiento, cuando lo cierto es que en el período en que Edison había supervisado las redes del telégrafo automático estas funcionaban a la perfección. La telegrafía rápida multiplicó el volumen de negocio de la compañía en aquellos años. A finales de la década de 1880, la Atlantic and Pacific disponía de 22 estaciones automáticas, que habían llegado a enviar 2 000 palabras por minuto. El papel perforado se preparaba a una velocidad de 22 palabras por minuto. Con todo, el uso de este sistema se acabó abandonando.

EL TELÉGRAFO CUÁDRUPLEX

A principios de la década de 1870, el tráfico de mensajes telegráficos se expandía a gran velocidad y muchos inventores trabajaban simultáneamente para desarrollar sistemas que permitieran aumentar la capacidad de transmisión con el fin de reducir su costo. Desde mediados de siglo se estudiaba la posibilidad de enviar múltiples mensajes telegráficos simultáneamente sobre un único cable. Este objetivo de la investigación se convirtió a la vez en uno de los principales campos de batalla de la «guerra de los telégrafos».

Edison había mantenido siempre una excelente relación con William Orton. Ambos manifestaron a menudo su aprecio mutuo y Edison confesó que Orton le había enseñado todo lo que sabía sobre patentes. En aquel momento la Western Union acababa de adoptar el sistema dúplex del inventor norteamericano Joseph Barker Stearns (1831-1895), presidente de la Franklin Telegraph Company, que enviaba dos mensajes cruzados, es decir, uno en cada dirección, mediante el aumento o la disminución de la potencia de la corriente. Este sistema se implantó rápidamente en

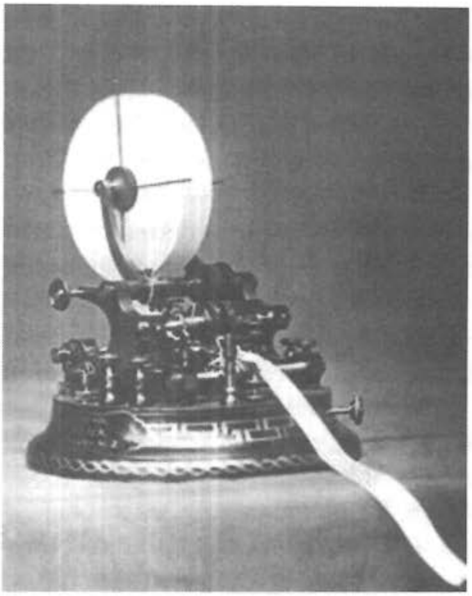






FOTO SUPERIOR IZQUIERDA:
El Impresor Universal de Cotizaciones, desarrollado por Edison en 1871.

FOTO SUPERIOR DERECHA:
Retrato de William Orton, presidente de la Western Union, quien mantuvo una estrecha relación con Edison.

FOTO INFERIOR:
Edison se rodeó de los mejores colaboradores. Aquí aparecen sentados, desde la izquierda, Fred Ott, el propio Edison y George Gourand. De pie, desde la izquierda, William L. Dickson, Charles Batchelor, Theodore Wangemann, John Ott y Charles Brown.

Europa y Estados Unidos, llegando incluso a tirarse cables dúplex a través del Atlántico, y la Western Union había comprado los derechos a Stearns. Sin embargo, en 1872, Orton encargó a Edison que explorara sistemas alternativos para disponer de aquellas patentes como «seguro contra la competencia», es decir, para asegurarse el monopolio.

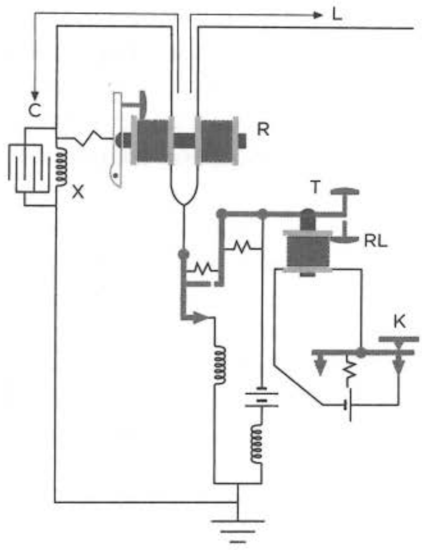
Generalmente se define la telegrafía dúplex como un sistema que puede transmitir en las dos direcciones simultáneamente, es decir, tanto la transmisión como la recepción se realizaban sobre la misma línea, a diferencia de lo que actualmente se conoce como comunicaciones dúplex sobre canales de transmisión y recepción sobre líneas separadas. El problema fundamental que ha de gestionar el equipo de un telégrafo dúplex no es trivial: tiene que evitar que la fuerte corriente eléctrica de salida, es decir, la que se envía a una estación distante, dispare el resonador o sonajero (*sounder*, en inglés, un dispositivo que hacía más audible el tamborileo del relé de recepción para que los operadores descodificaran el código Morse de oído) mientras que al mismo tiempo tiene que provocar que una corriente de entrada que es más débil, la que llega de una estación distante, sí dispare el relé. Muchos inventores habían estado buscado soluciones para este problema, sin embargo, en 1870, el telégrafo cumplía varias décadas de uso en todo el mundo sin que nadie hubiera encontrado la forma efectiva de conseguirlo.

La propuesta de Stearns fue el llamado dúplex diferencial (figura 7). El inventor aprovechaba que la intensidad del campo magnético inducido en el núcleo magnético de una bobina es proporcional al número de vueltas del devanado o bobinado del alambre, por el que se hace pasar la corriente eléctrica. Si se envía la misma corriente en direcciones opuestas, se cancelan mutuamente los campos magnéticos inducidos. Stearns partió la bobina del relé del resonador en dos con el objetivo de dividir la corriente en partes iguales, desviando una parte hacia un circuito derivado donde se almacenaba temporalmente la carga en un condensador. Así, la corriente de salida no era lo suficientemente potente como para activar el relé del resonador. Entonces, un circuito secundario derivado del manipulador activaba un resonador local

para que el telegrafista oyera lo que estaba transmitiendo.

El sistema, en suma, se basaba en enviar una señal de menos potencia y disponer de dos resonadores, uno de entrada y otro de salida. La idea de usar un resonador con una bobina dividida y una derivación del circuito llevaba tiempo en el aire y se habían llegado a hacer prototipos en Europa. La originalidad de Stearns estaba en emplear el condensador.

FIG. 7



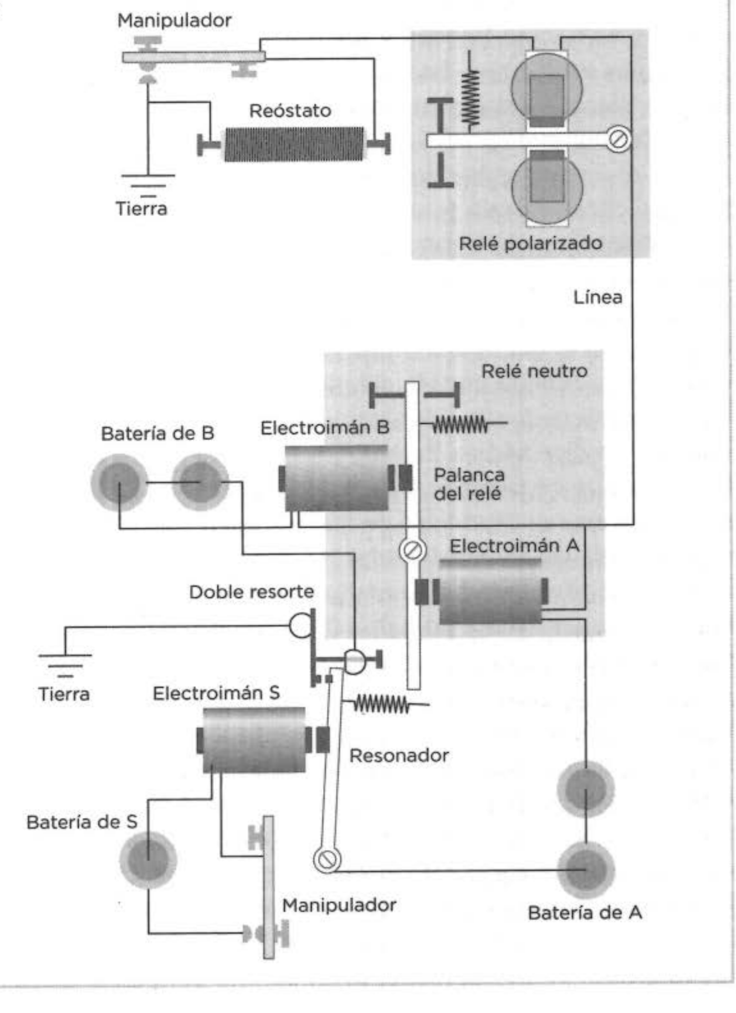
El elemento principal del dúplex de Stearns, que puede verse en la figura 7, es la bobina partida (R) del resonador. La corriente de salida, generada con el cierre del circuito con el manipulador (K), se divide en la bobina partida dirigiéndose una parte hacia la derecha, en dirección a la línea principal (L), y la otra parte a la izquierda, en dirección a la derivación, donde hay una resistencia (X) colocada en paralelo con un condensador (C). La polaridad de las bobinas se establecía de manera que la corriente fluyera en el sentido de las agujas del reloj en una mitad y en el sentido contrario en la otra mitad. El resultado era que el efecto magnético inducido se anulaba y no había flujo eléctrico, de manera que el resonador no respondía a los impulsos de salida.

La complejidad del circuito del manipulador se debe a que este tiene un resonador local (T), con su propio relé (RL), formando un circuito con una configuración de resistencias propia y demás componentes. Este resonador es el resonador de salida, que sirve para que el operador oiga lo que está enviando, mientras que el circuito anterior descrito es el de entrada, y solo se activará al recibir la señal que llega de una estación remota por la línea principal.

Como alternativa al sistema dúplex de Stearns, Edison desarrolló un sistema dúplex/diplex, es decir, que podía enviar men-

sajes simultáneos en dirección opuesta o enviar dos mensajes en la misma dirección (figura 8). El inventor lo llamaba solo telégrafo dúplex, «su» dúplex. Estos sistemas pueden funcionar según se basen en dos modos de operación, que son lo que posibilita la simultaneidad de la transmisión; según la amplitud, como Stearns, es decir, en función de la intensidad de la corriente, o según la

FIG. 8



frecuencia, es decir, acoplado según la periodicidad de los ciclos de la señal eléctrica.

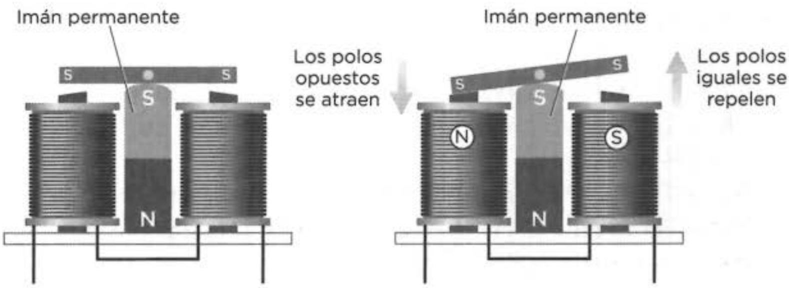
La configuración habitual de un diplex empleaba una combinación de pilas con potencia diferente para producir señales débiles y fuertes, que afectaban a uno u otro de los relés del receptor, en función de la señal para la que fueron diseñados a responder. Sin embargo, en la práctica resultaba muy difícil ajustar la sensibilidad de los relés de manera que no reaccionaran todos a las señales intensas. Edison ensayó un nuevo enfoque añadiendo a su sistema un elemento habitual en muchos de sus diseños: el relé polarizado. Seguía empleando un receptor con un relé común, o neutro, que respondía solo a cambios en la potencia o amplitud de la corriente, pero lo complementó con un segundo receptor provisto de un relé polarizado, esto es, con respuesta a los cambios de signo en la corriente.

La alternativa al dúplex de Stearns era en realidad la parte más sencilla. La amplitud de la corriente de salida se variaba simplemente acortando la resistencia de la línea a tierra, dotada de un reóstato. Mediante esos cambios de amplitud, el manipulador de este extremo afectaba el relé neutro. Este relé era un interruptor simple de palanca (un solo polo, doble tiro), lo que obligaba a Edison a doblar el número de pilas y electroimanes, dando al circuito una configuración más compleja (bobina doble, umbral superior). Los cambios de potencia no afectaban al relé polarizado, que era la pieza clave del sistema.

Trabajando en esta configuración, Edison no tardó en advertir que tenía en las manos el principio del telégrafo cuádruple. A un circuito diplex solo tenía que integrársele la duplexación para enviar dos mensajes en cada dirección, y así disponer de cuatro telegramas simultáneos por el mismo cable. La idea no era nueva. Algunos físicos europeos, como el holandés Johannes Bosscha (1831-1911), de la Universidad de Leiden, la habían propuesto a mediados de siglo. Similar al principio que permite gestionar señales simultáneas, visto con anterioridad, se puede aprovechar que la corriente eléctrica puede variar en potencia o en dirección. Si dos instrumentos eléctricos funcionan incidiendo solo en uno de estos órdenes, es decir, que uno altera solo la dirección de la corriente,

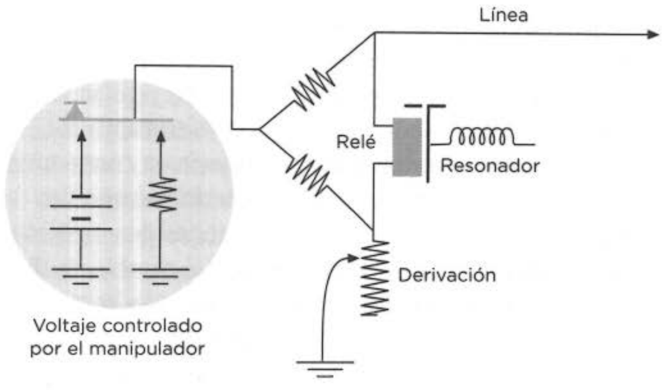
EL RELÉ POLARIZADO

Un relé estándar consiste en dos bobinas que, al fluir la corriente eléctrica, atraen a una palanca horizontal controlada por un muelle de tal modo que se cierra el estado de los contactos, según si se encuentra en NA o NC (normalmente abierto o normalmente cerrado) en ausencia de corriente. Estos contactos se pueden considerar como el interruptor, cuyo estado permite o no que la corriente fluya entre los dos puntos que cierran/abren el circuito. El relé polarizado es una estructura magnéticamente combinada de electroimán e imán permanente, es decir, presentando un imán permanente entre dos bobinas. Sobre el imán permanente pivota una palanca con dos posiciones: inclinado a la derecha o inclinado a la izquierda. La palanca forma parte del polo sur del imán permanente y el devanado de las bobinas está dispuesto de modo que sus polos superiores presentan polaridad opuesta. De ese modo, cuando pasa corriente, el polo de un electroimán atrae la palanca y el otro la repele, y cuando la corriente se invierte, la palanca se inclina hacia el otro lado. Una ventaja añadida de este dispositivo es que, como en él una gran parte de la fuerza necesaria para accionar la palanca proviene del imán permanente, puede diseñarse para reaccionar con corriente relativamente débil. Un relé polarizado no es propiamente NA o NC, sino que la fuerza del imán permanente mantiene la palanca en su última posición cuando no hay corriente en las bobinas.



sin alterar la potencia, y el otro opera a la inversa, pueden trabajar juntos sin interferirse mediante relés sensibles a cada variable, potencia o dirección. Sin embargo, hasta la intervención de Edison, nadie había sido capaz de idear la configuración y los componentes que requería esta idea y llevarla efectivamente a la práctica.

FIG. 9



El principio de funcionamiento del cuádruplex era el empleo de un circuito puente, una configuración que se usaba a veces como otra forma de telégrafo dúplex (figura 9). Consistía en aislar el resonador situándolo en un puente entre la línea principal y la derivación. El puente estaba cuidadosamente acoplado en potencia al emisor, con lo que la corriente de salida no afectaba al resonador. Cuando el manipulador hacía contacto para enviar la señal, el voltaje en todo el circuito, incluyendo el puente del resonador, era el mismo, y por tanto, no había diferencia de tensión (o corriente) que hiciera saltar el resonador. Esta alternativa se usaba menos que el dúplex diferencial porque, debido a que presentaba menor sensibilidad, era menos fiable.

La clave que permitió a Edison combinar su diplex de amplitud/polaridad con el dúplex de puente de Stearns estaba en que cualquier elemento colocado en un puente bien equilibrado era incapaz de reconocer el voltaje de salida. Así, el inventor situó allí en serie un resonador con un relé polarizado y un relé neutral con un umbral de regulación elevado. En esa posición recibían muy poca o ninguna corriente de salida, pero sí que recibían la fracción de corriente de entrada que provenía de la derivación del puente. Esta configuración operaba como el dúplex, porque impedía la

excitación local del resonador, permitiendo enviar dos mensajes en direcciones opuestas, y a la vez como diplex, porque enviaba dos mensajes simultáneos en la misma dirección, uno con una variación de polaridad y otro con una variación de amplitud. Usando el sistema en ambos extremos de la línea, se podían enviar dos mensajes en las dos direcciones a la vez. Naturalmente, un cuádruplex a pleno rendimiento también requería en consecuencia de una cuadrilla de operadores trabajando denodadamente.

Ahora bien, usar como filtro las inversiones de corriente no estaba exento de problemas. En el momento del cambio de dirección se producía una pequeña caída de la potencia que hacía perder su magnetismo al relé neutro justo cuando debía entrar en acción, mutilando la señal y causando falsos cortes en la transmisión. Edison decidió aislar el efecto de manera electromecánica para que no interfiriera con la señal. Lo consiguió con un dispositivo que llamó «trampa para bichos». En lugar de impedir que el relé neutral cayera cuando, en el momento de la inversión, la corriente llegaba a cero, lo empleó para activar un relé local situado entre este y el relé del manipulador. Este relé local estaba ajustado para responder a la señal de forma más lenta, y así, no actuar antes de que el relé neutral recuperara su magnetismo. En suma, Edison no eliminó el problema —la caída de potencia—, sino que lo sorteó —algo que solía hacer cuando se enfrentaba a problemas especialmente complejos— aplicando una cascada de electroimanes.

El cuádruplex permitió a la Western Union obtener grandes beneficios al aumentar espectacularmente la capacidad de las líneas de transmisión, el número de mensajes que podían ser enviados, sin necesidad de tender cables adicionales. El sistema aportaba una solución a algunos de los problemas tradicionales de la telegrafía, como los cuellos de botella que se formaban en caso de emergencia o en determinadas temporadas del año en que aumentaba el tráfico de mensajes. Pronto, las líneas más importantes se hicieron cuádruples de modo que, en 1878, la Western Union disponía de 20 900 km de cuádruplex, con cuatro operadores en cada extremo trabajando simultáneamente, dos enviando y dos recibiendo. Aun así, el cuádruplex no era tan eficiente como podían ser cuatro cables separados.

EL ELECTROMOTÓGRAFO

Edison emplearía con éxito el principio del llamado «electromotógrafo» en diversas aplicaciones, pero originalmente surgió en el campo de la telegrafía. En 1874 el relé más empleado en telegrafía era el modelo que había desarrollado el científico Charles Grafton Page (1812-1868), un investigador del electromagnetismo contemporáneo de Michael Faraday y Joseph Henry. Aunque la omnipresencia de este dispositivo en cualquier sistema telegráfico hacía de él un elemento vital, los derechos habían languidecido durante años en la oficina de patentes hasta que los abogados de Gould le advirtieron de ello. El financiero compró la patente de inmediato, esperando alzarse al fin como gran señor de la telegrafía.

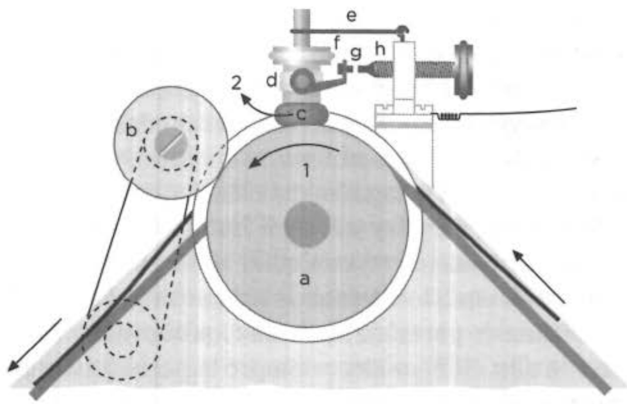
Gould llevó a la Western Union a los tribunales por emplear el relé de Page. Como consecuencia, Orton acudió a Edison para encargarle que encontrara una alternativa que le evitara el uso (y por tanto el pago) de esa patente. Era un encargo difícil, porque hasta el momento la única manera conocida de actuar la palanca de un relé era usando un imán. Edison recurrió de nuevo a otro de sus estudios sobre las propiedades de los materiales, y a partir de él desarrolló el «relé de tambor de tiza», que llamó «electromotógrafo».

Años atrás, el inventor había descubierto un fenómeno peculiar: si una pieza de metal conectada a una pila se frotaba sobre una pieza de tiza húmeda que descansara sobre un metal conectado al otro polo de la pila, la corriente hacía que la fricción entre las piezas se redujera de modo espectacular. Por el contrario, si se invertía la corriente, la fricción aumentaba.

Edison aplicó este principio para desarrollar su relé sin imán, sustituyendo este elemento por un tambor de tiza que giraba impulsado por un pequeño motor eléctrico, y que conectaba un resonador a una lengüeta metálica aplicada sobre el tambor. El relé de tambor de tiza introducía en la tecnología eléctrica un material que le era ajeno hasta el momento.

La figura 10 (en la página siguiente) es una sección vertical del electromotógrafo. El tambor de tiza (a) se mueve por efecto de un mecanismo de relojería, arrastrando de modo regular una

FIG. 10



tira de papel con ayuda del rodillo (b). Un cabezal metálico (c) presiona sobre el papel, de manera que la fricción lo hace vibrar. Para que la vibración sea posible, el cabezal está sujeto por un brazo (d) con un tensor (e). Cuando el tambor de tiza se mueve en la dirección de la flecha 1, la fricción desplaza el cabezal en la dirección de la flecha 2. Al pasar corriente eléctrica entre a y c la fricción se reduce de manera que la fuerza del tensor la supera y vuelve para atrás. Si se interrumpe la corriente, c vuelve a vibrar en la dirección 2. Así, según aumente y disminuya la fricción dependiendo de la electricidad, el vibrador se moverá hacia uno u otro lado. Un resorte (f) y dos puntos de contacto (g, h) cierran el circuito, de manera que el movimiento del cabezal vibrador se puede emplear como relé en cualquier sistema eléctrico.

Los expertos de la compañía Western Union probaron el invento y le dieron su aprobación. Consciente de que Edison acababa de salvar su imperio del hundimiento, Orton ofreció 100 000 dólares a Edison por la patente, pagaderos a razón de 6 000 dólares al año durante diecisiete años.

Ahora bien, a finales de 1874, las compras de participaciones, derechos e incluso compañías más pequeñas por parte de las grandes corporaciones produjeron la disputa final. Sin ser demasiado consciente de ello, Edison había firmado y acordado complejos

contratos y negocios con las dos firmas contendientes en el sector de la telegrafía, a veces entremezclando los inventos. El conflicto estalló cuando el inventor reclamó el pago retrasado de la Western Union por el cuádruplex, y la compañía, que pasaba apuros porque sus acciones estaban cayendo, le hizo esperar a pesar de que el sistema ya le había dado millones de beneficio. Acuciado por la falta de liquidez, el inventor quedó a merced de Gould.

Gould le ofreció la suculenta cifra de 30 000 dólares por su mitad de los derechos sobre el vital telégrafo cuádruplex, acciones por valor de más de 250 000 dólares y el puesto de ingeniero-jefe electricista. Aunque con esa venta la posición del inventor se hacía difícil, necesitaba desesperadamente el dinero. En 1875, los rumores acerca de que Edison se había pasado definitivamente al bando de Gould desataron el pánico en la Western Union, cuyas acciones cayeron hasta valores mínimos. Solo con ello, según se dice, Gould ganó treinta veces más de lo que había pagado al joven inventor.

La corporación reaccionó haciendo una oferta tardía a Edison para pagarle los atrasos, pero este la rechazó. Entonces demandó a Gould para hacerle renunciar a los derechos sobre el cuádruplex. En el juicio, Edison se vio bajo el fuego cruzado de los abogados representantes de cada parte, escarnecido como mercader y estafador, acusado de ser capaz de vender sus derechos de patente varias veces. Al final todo el mundo salió perjudicado excepto Gould. Edison no recibió nada de lo convenido, todos los accionistas de la Automatic perdieron su capital y un socio huyó a Inglaterra con el dinero destinado a pagar a los acreedores. Edison rompió definitivamente con el financiero.

Al cabo de los años, Gould conseguiría hacerse con el control de la telegrafía. Tras la muerte de William Orton en 1881, la Atlantic & Pacific y la Western Union se fusionaron mediante un intercambio de acciones. En ese momento Edison comprendió que ya no se promovería más progreso en el campo de la telegrafía, porque Gould no estaba en el negocio para el beneficio de la sociedad; solo le interesaba el dinero y el poder. Junto con otros perjudicados, interpuso un pleito contra el financiero que tardaría treinta años en fallarse, con el responsable muerto hacía tiempo.

La justicia dio la razón a los demandantes. El perito establecería el valor del perjuicio en 1 dólar.

Las penosas experiencias de Edison en el mundo de las finanzas le llevaron a decidir que debía centrarse en la invención y desvincularse de la producción de cualquier tipo. Había resistido a aquellos años turbulentos, algo que no todos podían decir, y ahora sentía cada vez con más intensidad el deseo de cerrar esa etapa de su vida alejándose de la telegrafía. Comenzaba a interesarse en la «telegrafía acústica», que en aquel momento también investigaban el estadounidense Elisha Gray (1835-1901) y el escocés Alexander Graham Bell (1847-1922). En 1876 Thomas Alva Edison decidió comenzar de cero en otro lugar. Había puesto el ojo en un pequeño pueblo a veinte kilómetros de Nueva York. Se llamaba Menlo Park.

CAPÍTULO 3

La revolución de las comunicaciones: el teléfono

El taller-laboratorio de Menlo Park acogió las más destacadas invenciones de Edison, comenzando por la versión funcional del teléfono. Consecuencia directa del telégrafo, este sería el último de los grandes inventos eléctricos simples. La carrera por ser el primero en desarrollarlo se aceleró desde mediados del siglo XIX, en una historia repleta de polémicas inacabables. Las patentes de Edison serían decisivas para convertirlo en el dispositivo que transformaría el acto de la comunicación en el mundo entero.

El solitario pueblo de Menlo Park fue el lugar escogido por Edison para el nuevo emplazamiento de sus empresas. En 1876, el inventor envió a su padre, Samuel Ogden Edison, a estudiar el terreno y luego supervisar la construcción de un laboratorio según su propio diseño. Al llegar la primavera, Edison cerró el taller y todos sus negocios de Newark y se trasladó allí con sus mejores colaboradores, abarrotando súbitamente el lugar, que sería pronto conocido como la «aldea Edison».

El edificio que acogía el laboratorio era estrecho y alargado y presentaba la apariencia exterior de un establo de gran tamaño. Tenía dos plantas: en la planta baja había un despacho, una pequeña biblioteca y una sala de delineación; en el piso superior estaba el laboratorio en cuestión, donde los miembros del equipo de Edison trabajaban entre instrumentos, máquinas, baterías y productos químicos. Con el tiempo, aquella sencilla y angosta construcción de madera se convertiría en un mito.

Para su familia, Edison compró una casa de campo de tres pisos, con seis habitaciones, junto al edificio del nuevo laboratorio. En el espacioso terreno había un establo, un molino, un gran jardín y un amplio césped que servía de campo de juego para sus hijos.

Según el concepto de su creador, el laboratorio de Menlo Park nacía para albergar trabajos científicos de investigación y desarrollo orientados a la creación de invenciones prácticas de

todo tipo. Era lo que él llamaba una «fábrica de inventos». Por su cuenta y riesgo, Edison estudiaría sistemáticamente toda clase de principios científicos en busca de su posible aplicación para crear nuevos productos y desarrollaría esas aplicaciones en vistas a su comercialización inmediata; también aceptaría llevar a cabo la tarea de invención y manufactura por encargo de empresas privadas o públicas, y, obviamente, como trabajo remunerado. Menlo Park sería el primer laboratorio de investigación industrial de Estados Unidos, y Edison, el primer gran inventor científico con un concepto de la innovación puramente subordinado al comercio.

«Diablos, aquí no hay reglas... ¡Estamos intentando conseguir algo!»

— Thomas Alva Edison.

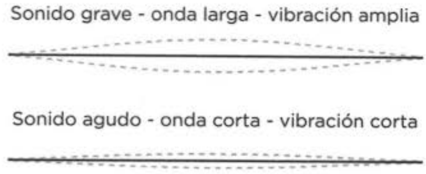
Menlo Park fue el centro neurálgico de donde surgieron los grandes descubrimientos que ofrecería al mundo el equipo de ingenieros y científicos que allí habitaba. Por lo pronto, en cuanto se estableció en su nueva sede, el que pronto sería bautizado por los medios de comunicación como el «mago de Menlo Park» recibió una llamada de la Western Union ofreciendo un anticipo de 500 dólares mensuales sobre sus honorarios futuros para que se pusiera a trabajar en la nueva frontera de las comunicaciones, el teléfono.

LA TELEFONÍA ACÚSTICA

Antes de la invención de los teléfonos electromagnéticos existían dispositivos acústicos, también llamados mecánicos, para la transmisión de voz y música a distancia, en los que la transmisión del sonido se produce a través de tubos de metal u otros soportes de tipo material. Un dispositivo muy conocido era el «tubo de voz», que consistía en dos conos conectados por una tubería que permitía transportar el sonido (la voz) a distancia. Se usaba sobre todo en los barcos, para comunicar el puente con la sala de má-

quinas y demás estancias, pero en el siglo XIX extendió su presencia también a casas señoriales, talleres o factorías, donde fue posible encontrarlo hasta bien entrado el siglo XX.

FIG. 1



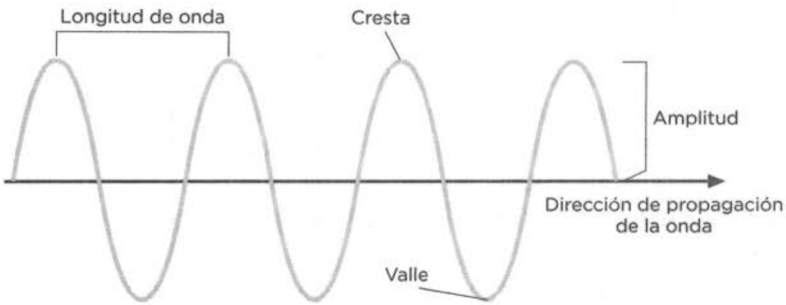
Los principios básicos de la telefonía acústica eran conocidos desde hacía siglos, como atestigua el clásico juego de niños que emplea vasos o latas unidos con una cuerda para hablar. Un diafragma, esto es, una membrana flexible, puede captar los sonidos (ondas de presión) del aire, en forma de vibraciones mecánicas, al igual que sucede en el oído humano. La cuerda o un cable puede transmitirlas a lo largo de su longitud, al tiempo que mantiene parámetros característicos de vibración hasta otro diafragma, donde este las produce, o dicho de otro modo, las transfiere al aire de nuevo, en forma de ondas de presión (sonido).

En un teléfono acústico, las ondas viajan por el cable siguiendo el mismo principio por el que actúan los instrumentos musicales de cuerda. La diferente longitud de onda de las ondas sonoras se percibe tal y como conocemos los distintos tipos de sonidos: las ondas de longitud de onda más largas corresponden a sonidos más graves (frecuencias bajas) y las ondas de longitud de onda más cortas, a sonidos más agudos (frecuencias altas) (figura 1).

Los primeros experimentos formales sobre reproducción y transmisión del sonido fueron realizados, entre los años 1664 y 1685, por el científico británico Robert Hooke (1635-1703), pionero de la microscopía y quien ideó el término «célula». En 1667, mientras trabajaba como arquitecto en la reconstrucción de Londres después del gran incendio de 1666, el polímata inglés fabricó un dispositivo muy similar al que sería el teléfono acústico de cuerda y lo usó para investigar las propiedades del sonido. Sus estudios le sugirieron un mundo de grandes posibilidades en el campo de la trasmisión de la voz humana, para el que la ciencia y la tecnología todavía no estaban preparadas. El desarrollo genera-

PARÁMETROS DE LAS ONDAS

El movimiento oscilatorio de una partícula cargada eléctricamente, o magnéticamente, crea una perturbación a su alrededor, esto es, una onda. Esta onda depende de la velocidad y la fuerza con que se mueve la partícula, porque estas determinan la amplitud o distancia entre el inicio y el final del recorrido de la onda. La longitud de onda es la distancia entre dos crestas; la amplitud es la máxima perturbación de la onda; y la frecuencia es el número de veces que se repite la onda por unidad de tiempo, es decir, el número de vibraciones por segundo.



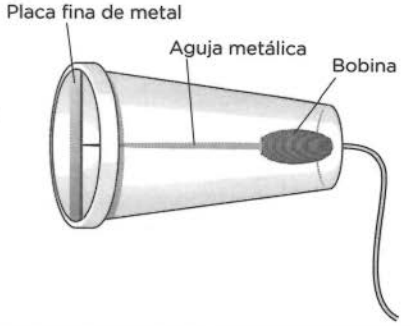
lizado de la telefonía pasaría necesariamente por la introducción de la electricidad.

ESCUCHANDO LA ELECTRICIDAD

Los mismos hombres que trabajaron para hacer realidad el telégrafo se preguntaron si sería posible transformar las ondas sonoras en corriente eléctrica variable, para transportarla a lugares alejados por medio de los cables, del mismo modo que un alambre podía transmitir señales eléctricas codificadas para la interpretación humana (escrita). El trabajo sobre esta idea no se inició hasta mediados del siglo XIX.

En el contexto de sus investigaciones para la construcción de un autómata de apariencia humana, en 1844, el inventor italiano Innocenzo Manzetti (1826-1877) sugirió la idea del «telégrafo parlante» (figura 2) e incluso esbozó un prototipo. Las fuentes son muy confusas al respecto de si llegó a construirlo y luego probarlo; solo presentan vagas descripciones de un sistema que «transmite directamente la palabra a través del cable telegráfico ordinario mediante dispositivos más simples que el actual telégrafo. La música se puede transmitir perfectamente, y en cuanto a las palabras, las más sonoras se oyen con claridad».

FIG. 2



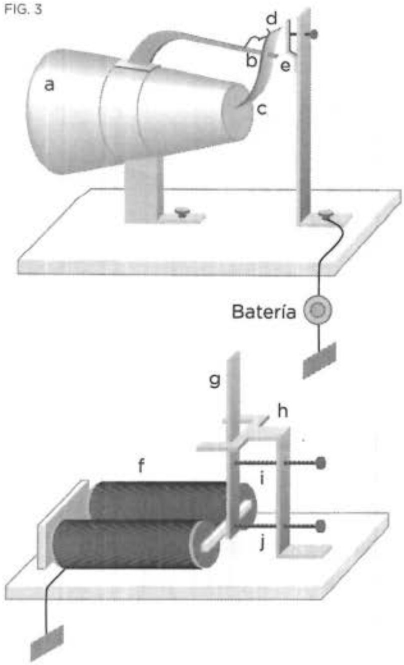
Fue el ingeniero francés de origen belga Charles Bourseul (1829-1912) quien describió con precisión, aunque todavía en el plano teórico, lo que se considera el primer sistema eléctrico de transmisión de sonido. En 1854, Bourseul expuso en la revista *L'Illustration* (en el artículo «Transmission électrique de la parole», de 25 de agosto de 1854) el principio básico de la telefonía eléctrica y anticipó que el sonido podría transmitirse en breve por medio de la electricidad:

> Imaginad que se hable cerca de un disco móvil bastante flexible para que no se pierda ninguna de las vibraciones producidas por la voz; imaginad que este disco establezca e interrumpa sucesivamente la comunicación con una pila; se podrá tener a distancia otro disco que ejecutará exactamente las mismas vibraciones.

Como el telégrafo, el sistema de codificación del mensaje se basaba en la interrupción de la corriente en un circuito eléctrico, en este caso, mediante el movimiento del disco flexible que menciona el texto. Este método sería conocido como «activado/desactivado» (on/off).

El artículo de Bourseul se tradujo a muchos idiomas, por lo que tuvo una amplia difusión. Sería la fuente de inspiración decla-

FIG. 3



Transmisor: tubo cónico (a), diafragma (b), palanca curvada activada por el diafragma (c, d), regulador de corriente (e), activado por un resorte que impulsa la palanca curvada. Receptor: electroimán (f), placa vibratoria (g), armadura de la placa (h), tornillos de regulación (i y j).

rada del científico e inventor alemán Johann Philipp Reis (1834-1874). En 1861, Reis presentó en la Sociedad de Física de Fránkfurt un tosco aparato desarrollado según las indicaciones de Bourseul. Consistía en el cuerpo de un barrilete, sin las tapas, cerrado en un extremo por una piel de salchicha en cuyo centro tocaba levemente una aguja de coser controlada por un resorte. Las oscilaciones de la piel al vibrar causaban que el otro extremo de la aguja hiciera contacto eléctrico con un conductor conectado a la línea principal, alimentada por una batería. Este contacto intermitente encendía y apagaba la corriente, activando en el receptor una aguja de coser similar conectada a una bobina. La aguja vibraba como reproducción del sonido.

Reis perfeccionó este modelo primitivo, sustituyendo el material de diafragma y la aguja de coser por una palanca curvada de material conductor (figura 3). La aguja del receptor se sustituyó por una placa metálica larga y plana, que transmitía el sonido mucho mejor. De hecho, cuanto más larga y plana fuera esta, mejor propagaba las ondas sonoras al ofrecer más superficie de contacto con el aire. En algunos modelos ensayó con una suerte de caja de resonancia de madera.

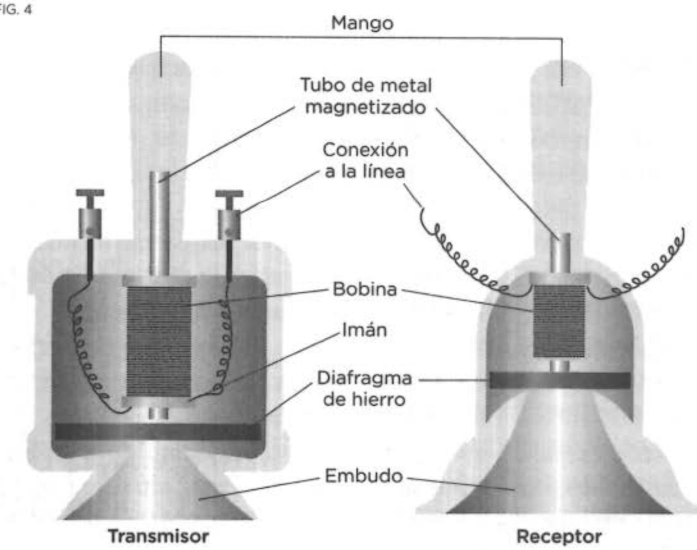
Aquel diseño podía transmitir notas musicales y ciertos sonidos, aunque no la voz humana. En aquellos primeros años, la telefonía se estudiaba más en relación con la música y los cantos que con el habla, aunque esta fuera mucho más importante para el futuro del invento. La reproducción de sonidos musicales tuvo éxito con rapidez mientras que la conversación, más compleja por ser mezcla de frecuencias, por sus diferentes tonos e intensidades, se resistía a la técnica.

Reis continuó trabajando en su invento hasta el punto de lograr transmitir vocales y algunas consonantes, pero la calidad de la transmisión era muy pobre. El problema principal del dispositivo era tan sencillo como insoslayable: el método de «activado/desactivado» de Bourseul, propio del telégrafo, no podía duplicar el habla, porque esta es una onda fluctuante de carácter continuo, no una serie de pulsos discretos e independientes. La reproducción práctica del habla requiere que el transmisor mantenga un contacto continuo con el circuito eléctrico para variar la corriente eléctrica dependiendo de la cantidad de presión acústica que recibe.

La alternativa ya estaba en marcha, aunque muy reservadamente. En 1857, el ingeniero e inventor italoamericano Antonio Meucci (1808-1889) construyó un rudimentario dispositivo, cuyo componente esencial era un elemento vibrador unido a un imán. Lo había ideado para comunicar su laboratorio, situado en el sótano de su casa de Staten Island, Nueva York, con su dormitorio, en el segundo piso, donde yacía su esposa inválida. Lo bautizó como «teletrófono» e hizo una presentación pública en 1860 de la que solo se hicieron eco los periódicos italianos de Nueva York, sin despertar mayor entusiasmo. Esto sucedía un año antes de la primera presentación de Reis frente a la Sociedad de Física de Fránkfurt.

El teletrófono (figura 4, en la página siguiente) consistía en dos conos de cartón unidos por un hilo de cobre y provistos en su base de diafragmas de piel animal, tratados con dicromato de potasio y con un disco metálico en el centro. El sistema empleaba un inductor formado alrededor de un núcleo de hierro en forma de cilindro, una técnica avanzada para aquel momento que se usaría décadas después para conexiones de larga distancia. Más tarde, el italiano aseguró que nunca había pensado en seguir el principio de encendido-apagado de Bourseul, sino que, desde el primer momento, había buscado conscientemente soluciones de transmisión continua, que no interrumpieran la corriente eléctrica. Este punto se convertiría en un elemento candente en las polémicas por la paternidad del teléfono, pues, de ser ciertos todos los detalles que Meucci presentó en el litigio posterior, el suyo sería el primer teléfono electromagnético, muy anterior al modelo de Bell.

FIG. 4



El teléfono electromagnético se basa en la interacción de un imán y una corriente eléctrica para hacer posible la conversión de ondas sonoras (voz, sonido) en ondas electromagnéticas que pueden así ser transmitidas mediante cables, del mismo modo como se hace con el suministro de electricidad. El campo magnético de un imán forma líneas cerradas de un polo a otro. Si se sitúa un diafragma metálico en el área de influencia del campo magnético, cerca del polo del imán, al hablar frente a él, las ondas sonoras lo harán vibrar, perturbando el campo magnético. La alteración del campo magnético en este polo afecta el campo magnético en el polo opuesto del imán. Si dos imanes están conectados en un mismo circuito eléctrico, de modo que compartan la misma fuente de energía eléctrica, la perturbación de un diafragma afecta a la otra de manera similar, lo mismo que los campos magnéticos de los dos polos del imán se alteran a la vez. En esto se basa el principio del teléfono electromagnético para la codificación, transmisión y reproducción del mensaje del emisor al receptor y viceversa.

ANTONIO MEUCCI



El gran olvidado de la historia del teléfono, Antonio Meucci (1808-1889), fue un hombre políticamente comprometido en el movimiento de unificación italiano, el *Risorgimento*, que luchaba por liberar la península italiana del control de Austria y España, gobernados respectivamente por las dinastías de Habsburgo y Borbón. Por ese motivo sufrió penas de cárcel y tuvo que emigrar al continente americano, recalando primero en Cuba, donde realizó ya experimentos en la comunicación telefónica. En su casa de Staten Island, Nueva York, donde se instaló definitivamente en 1850, alojaba a refugiados políticos italianos, como el mismísimo Garibaldi, a quien le unió una larga amistad, y se convirtió en un hombre muy respetado en la comunidad italiana. Además del teletrófono, desarrollado en 1854, el inventor creó un sistema nuevo de galvanizado, un sistema de filtros para la depuración del agua e introdujo el uso de la parafina en la fabricación de velas. Sin embargo, no fue un hombre afortunado en los negocios.

Mientras perfeccionaba su dispositivo, Meucci luchaba con su precario inglés y su poca desenvoltura en el terreno empresarial para conseguir respaldo financiero, sin conseguir gran cosa. Sufrió graves quemaduras en el incendio de un barco de vapor que obligaron a su esposa a vender sus prototipos por muy pocos dólares. En 1874 no disponía de los 250 dólares necesarios para patentar su invento y solo pudo presentar un *caveat*, un sencillo documento oficial que actuaba como una suerte de notificación que concedía prioridad en el desarrollo de una invención. No era un documento muy detallado, pero el *caveat* de Meucci describía las características del teletrófono y contenía un esbozo. El problema era que solo tenía validez de un año. Meucci intentó interesar en su invento a la gran corporación Western Union y

envió un prototipo y planos técnicos a una filial, cuyos ejecutivos ni siquiera se reunieron con él. La empresa no le devolvió los materiales, aduciendo que se habían perdido. Dos años más tarde, en 1876, el escocés Alexander Graham Bell hizo pública su patente del teléfono, convirtiéndose en una celebridad instantánea y firmando un lucrativo contrato con la Western Union.

EL TELÉFONO DE BELL

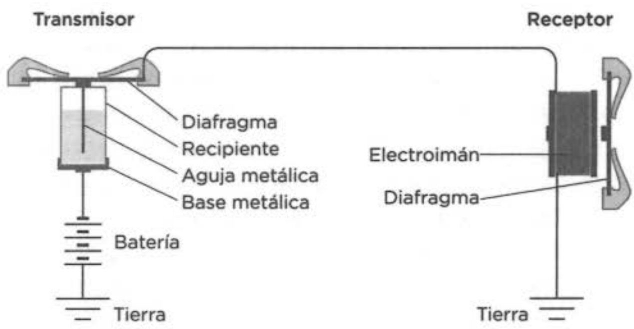
A principios de la década de 1870 todavía no existía un modelo de teléfono comercializable. Uno de los investigadores que William Orton puso a trabajar en 1874 para encontrar soluciones que permitieran la telegrafía simultánea era Elisha Gray (1835-1901), cuya compañía, la Western Electric, era una de las proveedoras más importantes de la Western Union. Aquel mismo año, haciendo experimentos sobre telegrafía acústica en busca de las soluciones demandadas, Gray dio por casualidad con un método para transmitir sonidos humanos. Con todo, aunque la transmisión del habla le parecía interesante, no era el gran objetivo de su vida, y trabajó en ello como si se tratara de un invento más.

Al científico e inventor escocés recién llegado a Estados Unidos Alexander Graham Bell le motivaba todo lo contrario. Estudiaba los mismos fenómenos que Gray con un bagaje distinto, el de sus experimentos acústicos acerca del habla y el oído humano. Procedía de una familia de logopedas y teóricos de la locución, con varios miembros sordos, y desde sus primeros trabajos, su interés giraba alrededor de la mecánica del sonido y el habla.

En el mismo año 1874, Bell se encontraba trabajando esforzadamente en dos inventos fundamentales: el «telégrafo armónico», un ingenio que debía enviar mensajes telegráficos simultáneos mediante tonos de distinta frecuencia para cada mensaje; y el «fonoautógrafo», que pretendía aplicar los principios del telégrafo armónico para dar audición a los sordos. En el desarrollo de estos dos inventos, Bell se dotó de los conocimientos que le respaldarían para acabar dando con el invento que le haría famoso.

EL TELÉFONO DE ELISHA GRAY

El prototipo de teléfono que desarrolló Elisha Gray reproducía el sonido con una intensidad y fidelidad notables en base a la variación de la potencia de la corriente mediante la presión variable del agua, que actuaba como transmisor. Su aparato era capaz de reproducir varios tonos a la vez sin distorsión, algo que resultaba imposible en el teléfono de Reis. El esquema del dispositivo se muestra en la figura. El hablante se sitúa en la boquilla del transmisor causando así la vibración del diafragma, que está conectado a la línea que une las dos estaciones. La vibración del diafragma afecta a una aguja metálica que sale de su centro y cuyo extremo opuesto se sumerge en un receptáculo que contiene una solución de agua acidulada. La base del receptáculo está conectada con la batería. Cuanto mayor es la amplitud de la vibración, más desciende la aguja en el líquido, lo que varía su resistencia eléctrica, y, con ella, la intensidad de la señal eléctrica. En la estación de recepción, la corriente magnetiza un electroimán, y así reproduce las vibraciones del diafragma del transmisor en el del receptor.



El «fonoautógrafo» era un invento muy tosco, una suerte de falso oído fabricado con auténtico tejido humano. Consistía en una membrana cuya vibración movía una palanca que dibujaba el patrón del habla en forma de onda en un vidrio ahumado. Bell creía posible conseguir que una membrana variara la intensidad de un campo eléctrico siguiendo el patrón de la palabra hablada. La corriente replicaría el habla en otra membrana. No se trataba

de un «encendido» y un «apagado» de la corriente eléctrica (estado binario), sino de una modulación (un continuo de estados posibles). Había descubierto el principio fundamental de la telefonía, la teoría de la resistencia variable, sin sospechar que Gray había llegado a una conclusión parecida por otro camino. Además, Bell aún tardaría varios años en comprender esta idea para poder aplicarla.

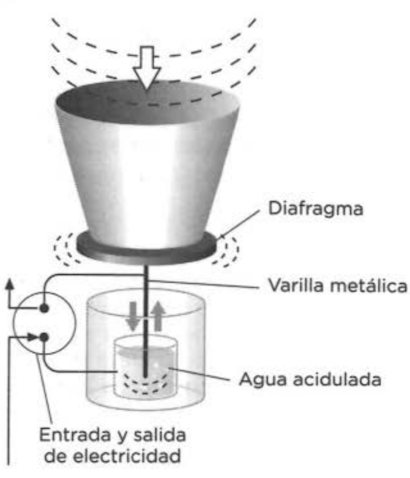
La posibilidad de la transmisión eléctrica del habla se convirtió en la obsesión de Bell. Por indicación del pionero del electromagnetismo Joseph Henry, por aquel entonces secretario del respetado Instituto Smithsonian, que había ayudado a Morse con su telégrafo, comprendió que necesitaba la ayuda de un ingeniero eléctrico para seguir adelante con lo que Henry calificó como «el germen de un gran invento». Su colaborador sería el brillante Thomas Watson (1854-1934).

En junio de 1875, ambos se encontraban probando el telégrafo armónico. Watson debía enviar un mensaje en un tono determinado y Bell aguardaba para recibirlo en una estación distante, pero cuando Watson activó el conmutador que enviaba el tono concreto en la mesa de control del emisor, Bell no oyó el tono, sino el sonido real correspondiente a Watson moviendo un resorte. ¿Cómo era aquello posible? Aunque el telégrafo armónico funcionaba activando y desactivando la corriente, resultó que en ese momento un tornillo de contacto estaba demasiado apretado, lo que había permitido que la corriente fluyera ininterrumpidamente. Cuando Bell comprendió lo sucedido abandonó el telégrafo armónico y se volcó en estudiar las posibilidades de aquel otro concepto: la comunicación telefónica. Watson fabricó un primer prototipo en un solo día, incorporando un elemento esencial por indicación de Bell, el diafragma; aun así, el aparato no reproducía el habla; solo transmitía sonidos ininteligibles. Ambos comprendieron que quedaba por delante un intenso período de experimentación y perfeccionamiento.

En el invierno de 1875 a 1876, Bell estaba convencido de que, aunque aún no había logrado un prototipo de su invento que transmitiera el habla, podía conceptualizarlo y describirlo con precisión absoluta. La oficina de patentes había eliminado en 1870 el

requerimiento de presentar modelos con las solicitudes de patentes, así que el escocés rellenó la patente describiendo su «aparato para trasmitir telegráficamente sonidos vocales y de otro tipo», y envió a su abogado a presentarla. Era el 14 de febrero de 1876. Aquella misma mañana, dos horas más tarde, Elisha Gray presentó un *caveat* en la oficina de patentes dando noticia de un invento que transmitía la voz humana por medio de presión variable de una solución líquida.

FIG. 5



En marzo Bell y Watson lograron desarrollar un primer prototipo (figura 5) que transmitía el habla. Para lograrlo emplearon un líquido transmisor cuya formulación no mencionaba su patente, porque no lo habían ni siquiera probado, pero que sí estaba claramente descrito en el *caveat* de Gray. Entre ambas patentes, de hecho, había muchos paralelismos. Además, el punto fundamental de la solicitud de Bell, el principio de la resistencia variable, estaba garabateado en un margen, casi como si se tratara de una ocurrencia de última hora, lo que sirvió para que algunos adujeran que se había modificado la solicitud con posterioridad.

El dispositivo tenía un manejo incómodo y un funcionamiento deficiente. Un diafragma en el fondo de un embudo hacía vibrar una varilla, inmersa en el agua ligeramente ácida contenida en un recipiente metálico. Este recipiente estaba conectado con un receptor mediante un cable y alimentado por una batería por otro cable, de modo que se establecía un circuito eléctrico. La vibración variaba la resistencia eléctrica del circuito (al variar la cantidad de varilla metálica en contacto con la solución) de modo que el sonido quedaba convertido en una corriente eléctrica variable dependiente de las características del sonido. La corriente variable viajaba hasta el receptor, constituido también por un

LA GRAN CONTROVERSIA DEL TELÉFONO: BELL CONTRA MEUCCI



Alexander Graham Bell.

Como la mayoría de los inventos del mismo período, el desarrollo del teléfono fue el resultado de las contribuciones de muchos investigadores, y su paternidad provocó una controversia fuerte y enmarañada que llegó a menudo a los tribunales. De hecho, en sus primeros años la Bell Telephone Company llegaría a hacer frente a seiscientas demandas por plagio, de las cuales solo perdería una, ante Meucci. Cuando Bell dio a conocer su teléfono, Meucci interpuso una demanda de inmediato. Inicialmente el italiano tuvo éxito: el caso llegó al Tribunal Supremo y se iniciaron cargos contra Bell por fraude. En el juicio se adujo que Bell había trabajado en el mismo laboratorio, propiedad de la Western Union, que perdió los prototipos de Meucci. Sin embargo, la evidencia material no existía y el *caveat* de Meucci había caducado porque este no tenía los 10 dólares necesarios para renovarlo. Cuando el italiano falleció en 1889, pobre y amargado, las acciones legales murieron con él. No sería hasta junio de 2002 que el Congreso de Estados Unidos aprobó una resolución que le reconocía como inventor del teléfono y desposeía a Bell de su paternidad. Hoy en día la historia de Meucci y el conocimiento de su preeminencia en la investigación que llevaría al teléfono ya no son del todo desconocidos, pero sigue mayormente extendida la idea de la paternidad de Bell.

diafragma, causando la vibración de su membrana, y, por tanto, reproduciendo el sonido. Bell y Watson abandonaron enseguida la idea del líquido transmisor y trabajaron en un modelo electromagnético integral, no solo en la recepción, sino también en la transmisión.

Tras haber presentado la patente y haber desarrollado un prototipo funcional, el escocés comenzó una cascada de demostraciones y conferencias para darlo a conocer, con las que con-

siguió ganarse el apoyo de la comunidad científica y el público en general. En apenas diez años había más de cien mil teléfonos solamente en Estados Unidos; en veinticinco años había un millón de abonados y cerca de dos millones de líneas que transmitían anualmente dos mil millones de conversaciones. A la muerte de Bell, la cifra de teléfonos vendidos ascendía a treinta millones. Pero para que el aparato fuera realmente operativo y comercialmente viable, todavía sería necesaria la intervención decisiva del «mago de Menlo Park».

EL MICRÓFONO DE CARBÓN

En la Exposición Universal de Filadelfia de 1876, que celebraba el centésimo aniversario de la Declaración de Independencia de los Estados Unidos, el teléfono de Bell causó sensación. Grandes personajes del momento que lo probaron en su visita a la feria, como el emperador brasileño Pedro II (1825-1891), el venerable físico y matemático británico William Thompson, más conocido como lord Kelvin (1824-1907), o incluso el gran físico teórico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879), que formuló matemáticamente la teoría del electromagnetismo, manifestaron su entusiasmo por el aparato, dando lugar a titulares en los periódicos de todo el mundo. El éxito del «telégrafo parlante» lo selló la reina Victoria al año siguiente al adquirir un aparato.

A pesar de ello era un invento con serias limitaciones: el hablante, incluso a una distancia de pocos kilómetros, tenía que gritar las palabras varias veces ante el micrófono para hacer vibrar el diafragma y así poder ser escuchado al otro lado de la línea. Además, obligaba a hablar y escuchar a través del mismo dispositivo, es decir, había que estar pasándoselo continuamente de la boca al oído y del oído a la boca durante la conversación. En ese sentido, la propuesta de Elisha Gray era mucho más avanzada, pues presentaba una versión dotada de un micrófono y un auricular.

En 1877, la Western Union tenía 400 000 km de cable telegráfico tendido a lo largo de una ruta de 160 000 km y abastecía

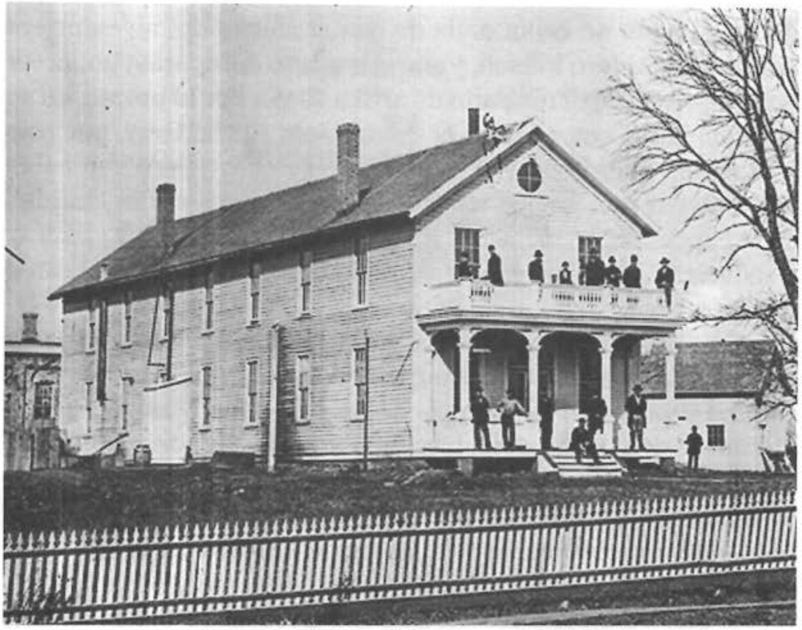
a sus clientes de todo tipo de telégrafos impresores y telégrafos múltiples con capacidad para transmitir a gran velocidad. Esos precisos instrumentos, creía William Orton, no podrían ser desplazados por una rareza científica como el teléfono. En la corporación se continuó pensando así hasta que la subsidiaria Gold and Stock Telegraph Company informó de que sus clientes estaban sustituyendo sus máquinas por modelos perfeccionados del teléfono, instalados por la Bell Telephone Company (BTC), que en sus pocos meses de vida había distribuido ya 3 000 aparatos, y crecía a pasos agigantados gracias a la inteligente política de conceder licencias a otras compañías.

«Parece que ahí afuera hay más oportunidades que habilidad para aprovecharlas. La buena suerte llega cuando la oportunidad se une a la preparación.»

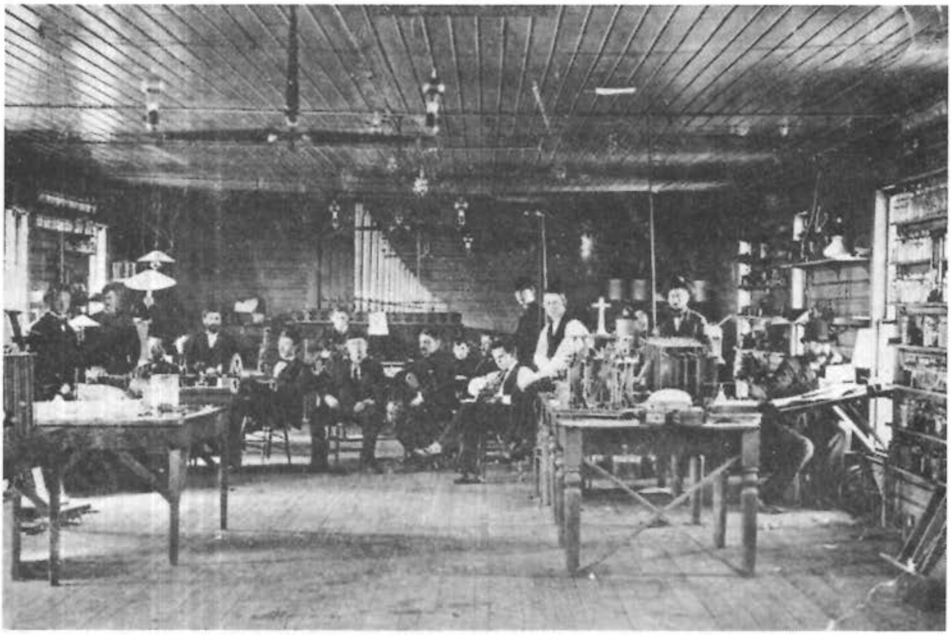
— Thomas Alva Edison.

Orton contrató a Franklin Pope para que estudiara la validez de las patentes de Bell. Tras un examen minucioso de todo lo escrito e investigado sobre la transmisión del habla, Pope concluyó en su informe que las patentes eran válidas y que no había ningún sistema mejor que el de Bell para fabricar un teléfono. Su recomendación era comprarle las patentes. Sin embargo, lo que Orton hizo fue crear la American Speaking Telephone Company (ASTC) y acudir a Thomas Alva Edison para que mejorara el teléfono de Bell con una serie de patentes propias.

Edison tenía experiencia en este campo. Tal vez a causa de su sordera, la investigación del sonido le había despertado interés desde que tuviera noticias del invento de Bell. Antes de acometer la tarea, Edison y sus colaboradores solicitaron realizar varios ensayos prácticos del dispositivo original en una instalación realizada de modo independiente, en presencia de los directivos y jefes técnicos de la ASTC. Las pruebas se llevaron a cabo en una línea que comunicaba Nueva York con Washington y resultó un absoluto desastre: los ruidos y la poca intensidad de las vibraciones de la voz apenas permitieron entender nada de lo que se



Fachada e interior del taller laboratorio de Menlo Park, el 22 de febrero de 1880, donde se pueden ver algunos de los colaboradores de Edison. En la foto inferior, de izquierda a derecha: L.K. Boehm, C.L. Clarke, Charles Batchelor, William Carman, S.D. Mott, George Dean, Edison, Charles T. Hugues, George Hill, George Carman, Francis Jehl, «Basic» Lawson, Charles Flammer, C.P. Mott y J.V. Mackenzie.



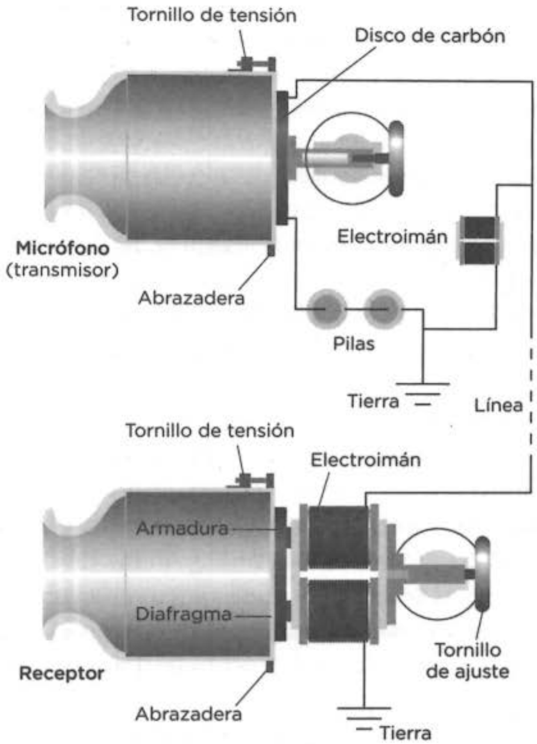
decía. Aunque no cabía duda de que el mérito del inventor era enorme, consideró Edison, y que el impacto del aparato podía ser inmenso, había que revisarlo de arriba abajo. Por lo pronto, en su opinión, había que adoptar el esquema de Elisha Gray, que presentaba un micrófono y un auricular separados, pero aún había que trabajar con ambos elementos para robustecer la claridad de la captación, transmisión y reproducción de la voz y eliminar o reducir la reproducción de sonidos indeseados, como el ruido debido a la electricidad estática.

En primer lugar se puso a trabajar en el micrófono. Debía encontrar la manera de captar las ondas sonoras con mayor fidelidad y aumentar la potencia de transducción, y así, optimizar la transmisión de la comunicación. Para ello rescató un hallazgo propio reciente que había resultado fallido para lo que entonces se proponía; un ejemplo perfecto de su genial habilidad para hacer buen uso de un fracaso anterior. Cuando trabajaba en el cuádruplex había estudiado las propiedades conductoras de diferentes materiales y había descubierto una resistencia de carbón variable por presión. Desgraciadamente, la resistencia variaba con cualquier sonido, de manera que no le resultaba útil para sus propósitos de aquel momento. Esa clase de sensibilidad era la que necesitaba ahora.

El equipo de Menlo Park trabajó durante un año para aplicar la modulación de la resistencia de carbono al micrófono de un teléfono. A principios de 1877 Edison logró reducir de manera muy importante el ruido de fondo del teléfono de Bell, pero sobre todo mejoró la fidelidad de sonido al acoplar al diafragma una cápsula con granalla de carbón.

En el micrófono de carbón, el diafragma es una fina lámina de metal flexible. Detrás de él se ubica una pequeña pieza de carbón (en los primeros modelos, caucho de la India) que es una suerte de botón que actúa ejerciendo una leve presión sobre el siguiente bloque de componentes. Este bloque se compone de un disco que contiene granalla (gránulos) de carbón comprendido entre dos placas de platino, que actúan como el contacto delantero y trasero al circuito. Cuando se aplica corriente a las placas de contacto, esta atraviesa el disco de carbón como elemento pasivo de un circuito.

FIG. 6



El mecanismo de funcionamiento del dispositivo (figura 6) es como sigue: al hablar frente al diafragma, este se mueve a efecto de las ondas acústicas (ondas de presión del aire debidas a que transportan el sonido en forma de vibración mecánica). La vibración del diafragma actúa sobre el botón de carbón, y este afecta al contacto delantero, transmitiendo en todo momento el patrón vibratorio de las ondas. Cuando la vibración alcanza a la corriente eléctrica que está pasando por el disco de carbón, produce una variación de la resistencia del circuito que reproduce fielmente el patrón de las ondas. Así, el sonido se convierte en una corriente eléctrica variable. La mayor presión sobre el carbón conduce más

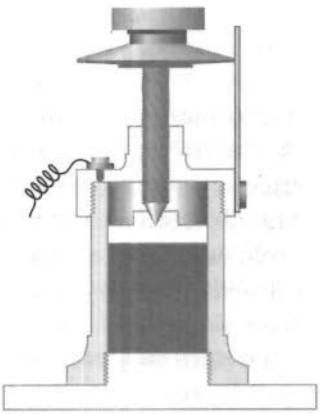
corriente y la menor presión, menos corriente, de modo que la corriente eléctrica aumenta o disminuye en relación a las variaciones de presión características de las ondas sonoras.

Tal y como se aprecia en la figura 6, el sonido convertido en corriente eléctrica variable se transmite como cualquier señal eléctrica a través del cable conductor de la línea telefónica hasta el aparato receptor, donde sus fluctuaciones actúan sobre un electroimán. El electroimán se activa y desactiva siguiendo las variaciones de la corriente. De forma inversa a la transducción de la señal del emisor, la electricidad se transmite al diafragma del receptor en forma de vibración, según el patrón de las ondas sonoras emitidas. De esta manera se reproduce el sonido original.

Edison registró la patente del micrófono el 27 de abril de 1877, pero no fue concedida hasta quince años después, lo que le produciría muchos problemas con un inventor de la Bell Telephone Company llamado Emil Berliner (1851-1929), un emigrado alemán e ingeniero autodidacta recién llegado a Estados Unidos que había

EL REÓSTATO DE CARBÓN

El equipo de Edison continuó estudiando posibles aplicaciones para las propiedades de resistencia variable del carbón en polvo. La primera de ellas fue el reóstato de carbón, que se diseñó con la idea de reemplazar a los reóstatos convencionales que se empleaban para equilibrar circuitos cuádruplex. El dispositivo consistía en un cilindro hueco de vulcanita que contenía una cincuentena de discos de seda aprestada y grafito fino. Una placa metálica ejercía presión sobre ellos mediante un tornillo ajustable a la medida correspondiente con la resistencia eléctrica necesaria en la línea, en un rango que iba de los 400 a los 6000 ohmios.



presentado una patente similar dos semanas antes. En una segunda patente registrada en febrero de 1878, Edison describía un micrófono perfeccionado con el que al mes siguiente consiguió establecer una comunicación simultánea en ambas direcciones entre dos teléfonos a 170 km de distancia. Con ello, además, superaba de largo el alcance máximo de 30 km del teléfono de Bell. En 1892 el Tribunal Federal de Boston sentenció que Edison tenía prioridad sobre Berliner en cuanto a la transmisión de la palabra hablada. El micrófono de carbón era un invento de Edison.

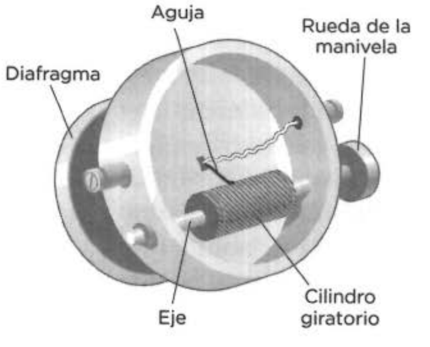
EL AURICULAR DE TIZA

El micrófono de carbón marcó la eclosión de la comercialización del teléfono. Como se ha indicado, sin embargo, los primeros sistemas telefónicos presentaban un auricular electromagnético. La BTC y la ASTC habían llegado a un acuerdo que daba prioridad en el sector norteamericano de la telefonía a la compañía Bell a cambio de una compensación de tres millones y medio de dólares. Viéndose claramente perjudicado por este arreglo, Edison había reclamado y conseguido una asignación de 6000 dólares al año durante el tiempo de validez de la patente, de diecisiete años. Sin embargo, en 1878 la compañía Bell le llevó a los tribunales por lesionar las patentes de su auricular electromagnético en Inglaterra.

El inventor se puso manos a la obra para desarrollar un auricular alternativo y mejorar la recepción de los mensajes telefónicos mediante un sistema de amplificación de sonido que permitiera que este se oyera nada menos que a su volumen original. Para ello recuperó el principio que había empleado para crear su relé de tiza, el electromotógrafo: la fricción de un metal puesto sobre tiza que se ha hecho conductora al impregnarse en alguna solución adecuada es inversamente proporcional al paso de la corriente entre ambos. Su propuesta vio la luz en 1879 y fue el auricular de tiza.

Edison colocó en el interior del receptor un cilindro giratorio de tiza sobre cuya superficie se deslizaba una aguja controlada

FIG. 7



por un resorte y conectada al diafragma (figura 7). La tiza estaba empapada en una solución que podía ser de varios tipos, aunque las más habituales eran bromuro de potasio o yoduro de potasio. La electrólisis de la solución afectaba a la fricción entre la aguja y la tiza. Cuando se aplicaba corriente eléctrica, como la señal procedente del otro aparato telefónico, la electrólisis de la solución producía variaciones en la fricción de la aguja. Esta variación se transmitía al diafragma, reproduciendo el sonido. En los primeros modelos el oyente tenía que girar el tambor con una pequeña manivela durante todo el tiempo que durara la escucha, una incomodidad que se solucionó en modelos posteriores añadiendo un mecanismo de relojería.

El auricular de tiza se conoció como «receptor electromotógrafo» o simplemente, «motógrafo», aunque a Edison le gustaba llamarlo el «teléfono musical» porque, construyéndolo a gran tamaño, tenía la suficiente potencia como para que un auditorio escuchara la música captada desde su micrófono de carbón, talmente como los altavoces de los actuales equipos musicales. Con todo, los agentes comerciales lo vendieron en Inglaterra con el rimbombante nombre comercial de «El teléfono altoparlante».

La combinación del auricular de tiza y el micrófono de carbón en el teléfono «altoparlante» de Edison produjo que, en efecto, estos desbancaran definitivamente a los de Bell en el mercado inglés. No obstante, en 1881 la Bell Telephone Company y la Edison Telephone Company, la empresa que el inventor había formado para explotar su teléfono en Europa, se fusionaron, y se abandonó la utilización del auricular de tiza, porque era un sistema caro y complejo, y en el fondo su desarrollo no había estado promovido por una cuestión de funcionalidad sino de derechos de patentes.

Al final, el modelo de teléfono más operativo, que acabaría imponiéndose en todo el mundo, presentaría una configuración

mixta que reuniría el micrófono de carbón de Edison con una versión mejorada del auricular de Meucci, cuya patente pertenecía a Bell. Como este modelo combinaba los derechos de patente de todos los bandos en litigio sobre la paternidad del teléfono, no pudo realmente consolidarse hasta que acabaron las tormentosas guerras de los primeros años y las compañías fueron estableciendo nuevos acuerdos que redundaban en el beneficio común.

Al llegar la década de 1880, Thomas Alva Edison había cumplido la treintena y, tanto sus logros como sus múltiples procesos judiciales, la mayoría fallados a su favor, habían dado eco a su apodo: el «mago de Menlo Park». Su laboratorio trabajaba intensamente en decenas de proyectos a la vez, lo que no solo producía los resultados esperados o perseguidos, sino también multitud de descubrimientos adicionales, y, en cierto modo, casuales. Huelga decir que el inventor orientaba por norma la experimentación a estudios y productos prácticos específicos. Paradójicamente, por tanto, sería la casualidad y la motivación personal lo que le llevaría hasta su invento más original. Mientras trabajaba en las mejoras del sistema del teléfono de Bell, Edison y su equipo descubrieron que podían registrar la voz. La primera idea de Edison ante este hallazgo fue una máquina similar a un contestador automático, en la cual se grabarían mensajes hablados para que otros los escucharan más tarde. El concepto original de la máquina parlante, que él llamó «fonógrafo», resultaría un fracaso como tal, pero sería el primer paso de un mundo nuevo, la era de la grabación y reproducción del sonido.

CAPÍTULO 4

Nace la industria del entretenimiento: el fonógrafo

El fonógrafo fue el primer gran invento original de Edison, su creación más estimada, y el punto de inflexión en su carrera a partir del cual se consolidó el mito del «mago» de la tecnología. Sin embargo, el primer modelo fracasó como producto de mercado, quedando en poco más que una curiosidad científica y una atracción de feria. Tendrían que pasar diez años, y la presión por la entrada de una feroz competencia, para que Edison se propusiera refinar el fonógrafo y lo convirtiera en el rotundo éxito comercial que él había soñado.

Se podría pensar que la idea del fonógrafo surgió del estudio intencionado de métodos para registrar el sonido, sin embargo, el proceso de su desarrollo fue inverso: la reproducción de sonidos fue anterior a la idea de un sistema para registrarlos. Edison fue dando forma a la noción del fonógrafo a partir de las observaciones que había ido haciendo su equipo de colaboradores a lo largo de sus trabajos en el desarrollo de la telegrafía y, sobre todo, en telefonía. Para ello tuvieron que investigar a fondo la capacidad de un diafragma de reproducir las vibraciones sonoras y estudiaron los diversos experimentos científicos sobre acústica realizados en Europa a mediados de siglo. Gracias a ese conocimiento acumulado, Edison pudo esbozar el diseño de un prototipo que resultó asombroso por su eficacia y sencillez.

Entre 1872 y 1874, en el período final de su trabajo con el telégrafo automatizado, Edison y su equipo de colaboradores trabajaron en varias mejoras de este sistema que finalmente no consiguieron abrirse camino. Edison dedicó mucho tiempo e inversión de dinero para investigación en diseñar un método para imprimir los despachos telegráficos directamente en el alfabeto latino, sorteando así el farragoso proceso de codificación y decodificación que implicaba el uso del código Morse. Aunque sus esfuerzos fueron en vano en ese sentido, le dieron ocasión de hacer una observación muy interesante. En su sistema, las letras se marcaban en

relieve mediante puntos y guiones en una tira de papel que pasaba bajo una palanca donde el relieve producía el contacto eléctrico que enviaba las señales por la línea. El inventor y sus colaboradores observaron que, al pasar la tira con cierta rapidez bajo el contacto, la palanca vibraba produciendo un sonido de tono concreto, audible, como una nota musical. Conociendo los experimentos anteriores sobre acústica, el inventor comenzó a pensar en si sería posible imprimir en una tira de papel una representación de las vibraciones del sonido, de modo que este pudiera afectar a un circuito eléctrico de alguna manera.

«Que un aparato no haga lo que habías planeado que hiciera no significa que lo que hace sea inútil.»

— Thomas Alva Edison.

Por otro lado, explorando métodos automáticos de emisión telegráfica que superaran el sistema de la cinta perforada, el equipo de Edison puso a prueba un sistema de grabación de mensajes en un disco de papel puesto en un plato giratorio. La platina disponía de un surco de forma espiral en su superficie sobre el que se colocaba un disco de papel; un brazo dotado de un electroimán y un pequeño cincel en un extremo se apoyaba sobre el disco de manera que el cincel grababa en el disco las señales que llegaban al electroimán. Luego el disco se trasladaba a una máquina similar, donde un cincel más delicado repetía las señales que habían quedado registradas, logrando enviar varios cientos de palabras por minuto.

La siguiente pieza del rompecabezas apareció en el invierno de 1877, durante unos experimentos que, ya en Menlo Park, realizó el equipo de Edison para estudiar el comportamiento del diafragma en el marco de su investigación para perfeccionar el teléfono de Bell. Edison diseñó un pequeño autómata: al hablar a voces en un embudo, la vibración de un diafragma en el extremo ponía en marcha, mediante un gatillo, una rueda de trinquete que daba rotación continua a una polea. Esta polea estaba conectada por un cable a un juguete de papel donde aparecía la

figura de un hombre con una sierra sobre un madero. La vibración del diafragma movía el juguete, haciendo que el hombre ejecutara el movimiento de serrar la madera. Trabajando en aquel juguete, Edison unió todos los puntos; comenzó a especular con la idea de si sería posible que un registro adecuado de los movimientos de un diafragma lograra reproducir las inflexiones originales de la voz humana. En un primer momento pensó que quizá el registro pudiera llevarse a cabo causando un corte o una incisión en un soporte de manera que vibrara en contacto con una superficie móvil del mismo modo que vibraba el diafragma.

ANTECEDENTES: INGENIOS DE LABORATORIO

Por su relación con la comunicación, la acústica fue un campo que suscitó mucho interés entre los científicos durante el siglo XIX. Varios de ellos estudiaron el sonido e intentaron la réplica de la variedad de tonos y semitonos del habla humana, cuya reproducción requería mecanismos muy complejos. El más importante de ellos fue el médico y físico alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894), cuyos estudios sobre acústica constituyeron el primer paso hacia la reproducción del sonido.

Helmholtz construyó un dispositivo para analizar las combinaciones de tonos que forman los sonidos naturales de naturaleza compleja o compuesta. El «resonador de Helmholtz» era un tipo de dispositivo de absorción acústica que eliminaba un amplio margen de frecuencias, permitiendo escuchar aisladamente una frecuencia concreta. Consistía en una serie de esferas huecas de distintos tamaños, que inicialmente se hicieron de vidrio y luego de cobre, con dos cuellos, en uno de los cuales se aplicaba la fuente de sonido mientras que en el otro se podía realizar la escucha. Cada esfera, o cavidad, aislaba una frecuencia distinta, de modo que un conjunto completo permitía estudiar por separado las diferentes frecuencias que componían un sonido. El mismo fenómeno se observa al soplar en el borde de una botella: el sonido introducido por la inyección de aire contiene un amplio margen de frecuen-

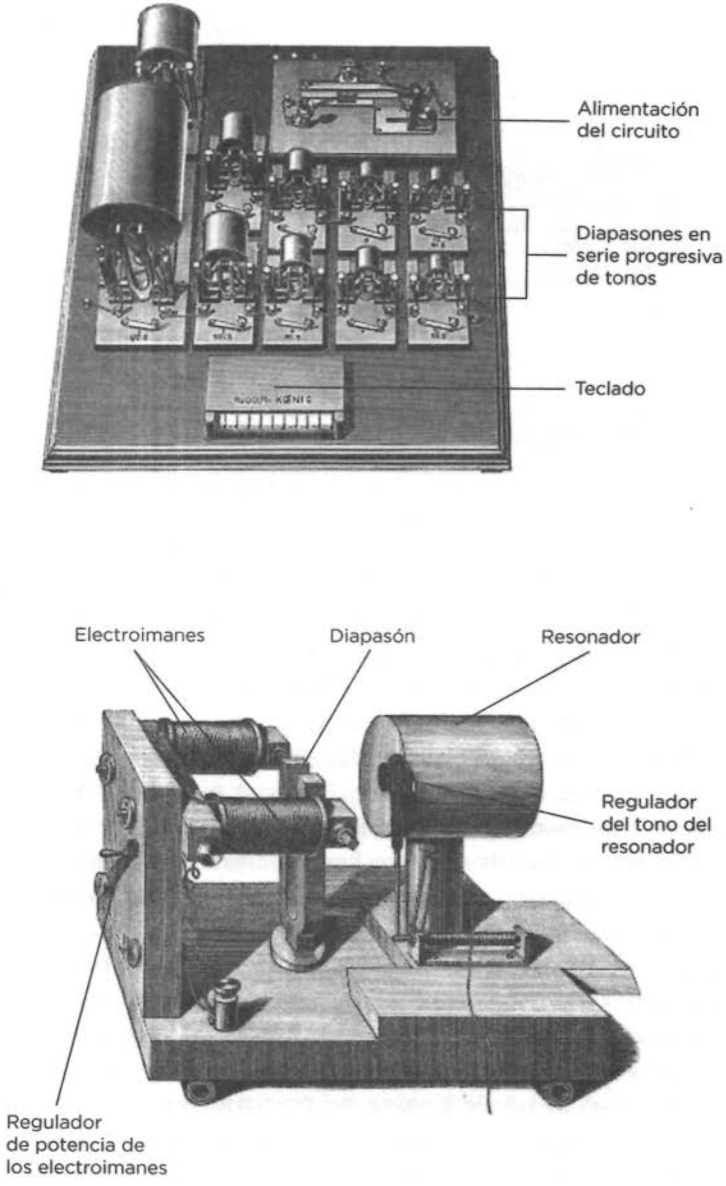
cias, pero la botella produce resonancia a una sola frecuencia, que es más grave cuanto más vacía se encuentre la botella, lo que está relacionado con que el volumen en su interior es mayor.

Posteriormente, el investigador alemán dio un paso más allá; inventó una máquina que llevara a cabo el proceso inverso conseguido con el uso de los resonadores. El «sintetizador de Helmholtz» (figura 1) combinaba frecuencias para crear nuevos sonidos complejos similares a los que se producen con ciertos instrumentos o de forma natural con la voz humana. Consistía en dos hileras de diapasones en una serie progresiva de tonos. Para cada diapasón había un resonador en forma de tambor con una abertura regulable para poder darle a cada sonido la intensidad (volumen) que le correspondía. Dos electroimanes hacían vibrar cada diapasón de forma constante según los componentes del sonido que pretendía imitar. Se puede considerar el primer sintetizador electrónico de la historia. De hecho, el término «sintetizador» lo acuñó Helmholtz, quien bautizó así su aparato porque su función era realizar una síntesis de una serie de sonidos simples en otro complejo, al contrario de sus resonadores, que hacían un análisis.

Helmholtz realizó la mayoría de sus experimentos sobre acústica entre 1855 y 1858. En 1857 presentó el grueso de su teoría en una conferencia en la Universidad de Bonn a la que acudió un joven Johann Philipp Reis, quien quedó muy impresionado y decidido a ponerse a estudiar este campo. Helmholtz no publicaría por completo hasta 1863 el resultado de sus largos años de investigaciones. Lo hizo en el libro titulado *Sobre las sensaciones de tono como base fisiológica para la teoría de la música*, que tuvo gran influencia en los musicólogos y los investigadores en acústica posteriores.

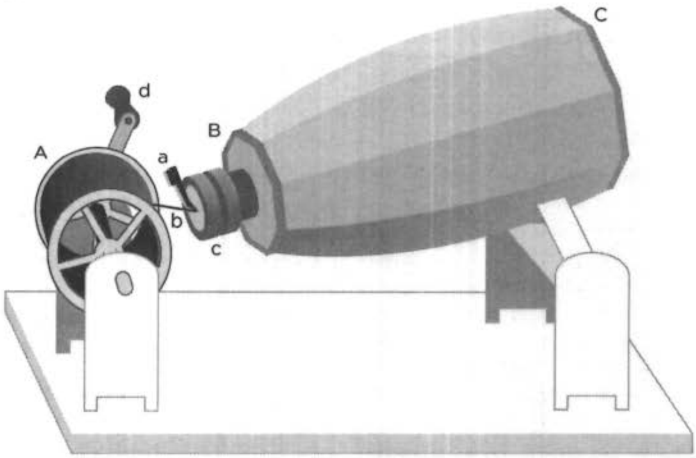
Mientras Helmholtz llevaba a cabo sus experimentos, en Francia se gestaba el primer dispositivo capaz de grabar sonido: el fonoautógrafo. Este dispositivo no registraba el sonido en el sentido que hoy se comprende el término, sino que sencillamente lo transcribía a un medio visible, es decir, lo dibujaba. El soporte era un papel ahumado, que después, lógicamente, no podía reproducirse como sonido. Su inventor, el francés Édouard-Léon Scott de Martinville (1817-1879), lo patentó en 1857 con la intención de

FIG. 1


Alimentación
del circuito
Diapasones en
serie progresiva
de tonos
Teclado
Electroimanes
Diapasón
Resonador
Regulador
del tono del
resonador
Regulador
de potencia de
los electroimanes

Esquema del fonoautógrafo. BC: bocina con abertura en C. c: anillo de metal cerrado por una membrana y un estilete en b, y con un regulador de contacto en a. d: manivela para girar el cilindro (A), donde se enrolla el papel ennegrecido con humo de lámpara.

FIG. 2



remedar con el sonido el logro (y éxito) que acababa de culminar la fotografía. Sin embargo, su creación no se abrió camino en el mercado del entretenimiento, sino que se convirtió en un preciado instrumento de laboratorio destinado al estudio de la acústica. Se empleaba para determinar la frecuencia de un tono musical y para estudiar las propiedades vibratorias del sonido.

Para diseñar su aparato (figura 2), Scott de Martinville estudió los medios mecánicos para transcribir sonidos vocales y se interesó por la anatomía auditiva del ser humano. Con el funcionamiento del oído humano como referencia, sustituyó el tímpano por una membrana elástica y los osículos auditivos por una serie de palancas que movían un estilete. Una bocina recogía las ondas sonoras para llevarlas hasta la membrana, cuya vibración se dibujaba con el estilete sobre la superficie de un papel cubierto por negro de humo enrollado en un cilindro que giraba por acción de una manivela.

Hasta después de la llegada del fonógrafo no se comprendió que el dibujo registrado por el fonoautógrafo era realmente una grabación de las ondas sonoras que podría reproducirse en caso de disponer de un aparato adecuado. En el año 2008 un grupo de

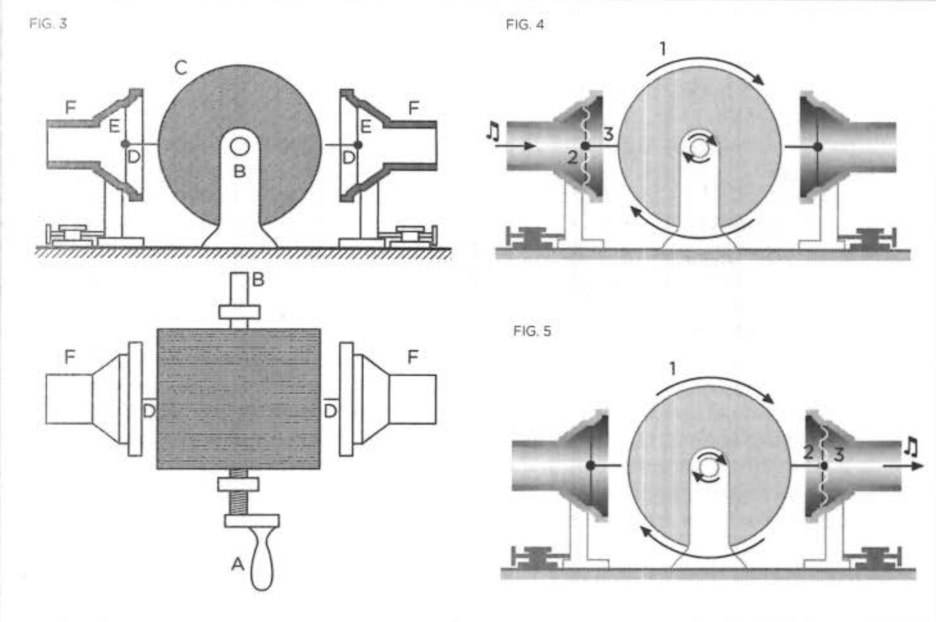
LAS ONDAS SONORAS

Una onda sonora es una onda mecánica de tipo longitudinal en la que la vibración de las partículas del medio tiene lugar en la misma dirección que la de propagación de la onda. Se propaga por un medio elástico y continuo, como el aire, generando una variación local en su presión o densidad con desplazamiento en forma de onda esférica periódica o cuasi periódica. Las variaciones de presión, humedad o temperatura del medio producen el desplazamiento de las moléculas que lo componen, de manera que cada molécula transmite la vibración a las que se encuentran en su vecindad, provocando un movimiento en cadena. Así, las ondas sonoras precisan de un medio material para transmitir la perturbación, bien sea aire, agua o un cuerpo sólido, ya que es el propio medio el que produce y mantiene (e incluso potencia) la propagación de las ondas sonoras con zonas de compresión y expansión del medio debidas a la condensación y dispersión de las partículas constituyentes del medio, respectivamente. Así, viajan más rápido en los sólidos y más lento en el aire, y, obviamente, no se propagan en el vacío. Esa propagación del movimiento de las moléculas del medio produce en el oído humano una percepción descrita como sonido. Se considera que el oído humano puede percibir ondas sonoras de frecuencias entre los 20 y los 20 000 Hz. La frecuencia de una onda es el número de vibraciones que emite una fuente o recibe un receptor por unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el hercio (Hz).

historiadores digitalizaron el «fonoautograma» más antiguo que se conoce y lograron reproducirlo. La canción popular francesa *Au clair de la lune*, cantada por una muchacha el 9 de abril de 1860, diecisiete años antes que el primer registro sonoro de Edison, es la grabación de voz humana más antigua que se conoce.

EL PRIMER FONÓGRAFO: EL ROLLO DE ESTAÑO

A pesar de estar inmerso en el desarrollo del teléfono, Edison volvía una y otra vez a la idea de la grabación y la reproducción del sonido. Durante toda su vida, Edison confesó que el fonógrafo había sido la niña de sus ojos, el invento en que había puesto más



Esquema del funcionamiento del fonógrafo. A: manivela. B: eje de transmisión. C: cilindro de cartón recubierto con papel de estaño. D: estilete. E: diafragma. F: bocinas para grabar y reproducir. El cilindro se movía con una manivela. Las ondas sonoras recogidas por la bocina hacían vibrar el diafragma. La aguja adjunta a él grababa el sonido. La reproducción actuaba a la inversa con un mecanismo propio.

de sí mismo, y en cuyo triunfo había invertido más esperanzas e ilusión. Por eso perseveró tanto en él.

A finales de 1877, el inventor ya había logrado desarrollar todos los conceptos y encajar todas las piezas, así que presentó el diseño de una máquina pequeña y realmente muy sencilla a su colaborador John Kruesi. Una aguja recibiría los movimientos del diafragma, y, en lugar de grabarlos en un disco, como hacía en sus experimentos sobre telegrafía automática, lo haría en papel de estaño, un material que se grababa fácilmente, enrollado sobre la superficie de un cilindro, al modo de los registros de Scott de Martinville. La idea inicial era fabricar el prototipo y ver cómo se comportaba en operación.

Se dice que cuando Kruesi acabó el prototipo, lo probaron grabando en una lámina de estaño los primeros versos del poema infantil «Mary had a little lamb» («Mary tenía un corderito»). Al volver la aguja al comienzo de las incisiones y reproducir el registro quedaron asombrados al escuchar a la perfección la voz

humana que acababa de recitar el poema. El invento funcionó correctamente a la primera, aplicando los principios de la acústica puramente en base a la teoría.

El fonógrafo (figura 3) empleaba un sistema de grabación analógica de naturaleza mecánica, esto es, en el cual las ondas sonoras eran transformadas en vibraciones mecánicas mediante un transductor acústico-mecánico. El primer prototipo que se creó presentaba mecanismos separados para la grabación (figura 4) y la reproducción (figura 5), que se unificaron en un solo dispositivo en modelos posteriores.

El aparato se accionaba a mano mediante la simple manivela, que producía el lento movimiento combinado del cilindro, alrededor y a lo largo del eje (figura 4, 1). El hablante se dirigía a la

QUÉ ES UN TRANSDUCTOR

Un transductor es un dispositivo que transforma cuantitativamente una propiedad física, como la presión o la temperatura, en otro tipo de señal, normalmente eléctrica. Un micrófono y un auricular son transductores electroacústicos, ya que convierten la energía acústica, es decir, las oscilaciones en la presión del aire, ondas o vibraciones sonoras, en energía de tipo eléctrico, es decir, en variaciones de voltaje, y viceversa. También es un transductor la bocina de un sistema de sonido, como el fonógrafo, que recoge las ondas sonoras y hace vibrar el diafragma para mover la aguja encargada de trazar un surco sobre el cilindro. El oído humano puede considerarse también un transductor, en este caso electro-acústico, pues su trabajo es convertir el impulso mecánico de las ondas sonoras en señales eléctricas que el cerebro pueda procesar (lo que entendemos como sonido). El oído externo capta o recoge las ondas sonoras, las cuales se transmiten a través del conducto auditivo hasta el tímpano, una membrana flexible que vibra con ellas. La vibración es amplificada (en potencia) en la cadena de huesecillos, los osículos, y se transmite al oído interno a través de la ventana oval. Finalmente afectan los dos líquidos que contiene la cóclea (perilinfa y endolinfa), deformando las células ciliadas existentes en el interior. Estas células convierten las ondas sonoras en impulsos eléctricos que, al llegar al nervio auditivo, se transmiten a la corteza auditiva, la zona del cerebro encargada de interpretar las señales eléctricas como sonidos.

bocina mecánica y las ondas sonoras causaban la vibración del diafragma (2). Alrededor del cilindro se había enrollado la lámina de papel de estaño, sobre la que actuaba una aguja en forma de pequeño cincel, adherida al centro de un diafragma metálico, labrando un surco helicoidal (3). El dibujo resultante consistía en una larga línea compuesta por muescas encadenadas que reproducía los efectos vibratorios de las ondas sonoras.

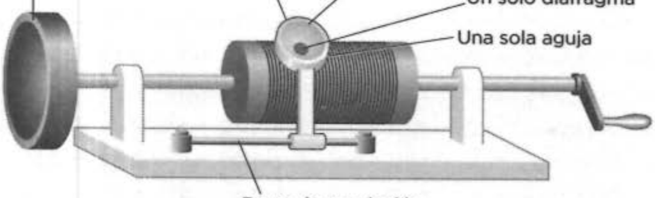
La reproducción (figura 5) era igual de simple. Sencillamente, se avanzaba la aguja de reproducción hasta el principio del registro acanalado en el cilindro, y se daba movimiento a este con el giro de la manivela (1). La aguja se movía por el surco repitiendo su trazo (2). El movimiento de la aguja en los surcos del cilindro producía vibraciones de la membrana que se amplificaban en la bocina cónica.

EL FENÓMENO IMPERFECTO

Totalmente consciente del impacto que podía tener su invento en el público general, Edison no tardó mucho tiempo en darlo a conocer. A las pocas horas de disponer del primer prototipo plenamente funcional, lo presentó ante la prensa, que copó con la innovación los diarios del día siguiente. Edison se puso en ruta para su presentación con modelos cada vez más perfeccionados. El invento congregaba a las multitudes asombradas por la simplicidad de su mecanismo y su funcionamiento. Cuando se encontraba en Washington mostrándolo ante los miembros del Congreso estadounidense, el presidente Rutherford B. Hayes (1822-1893) le invitó incluso a la Casa Blanca para que le hiciera una demostración.

En vista de la expectación suscitada, varios empresarios y financieros se acercaron a Edison con propuestas para su comercialización. Aunque el inventor tenía grandes planes para su invento más querido, lo cierto es que, en su forma original, su verdadero potencial se reducía a la capacidad de generar beneficios por el impacto teatral que causaba verlo en acción. La Edi-

FIG. 6



son Speaking Phonograph Company, fundada para la fabricación, venta y alquiler de fonógrafos, se acabó dedicando casi en exclusiva a explotarlo como espectáculo en eventos de cariz cada vez más popular, hasta acabar en ferias itinerantes.

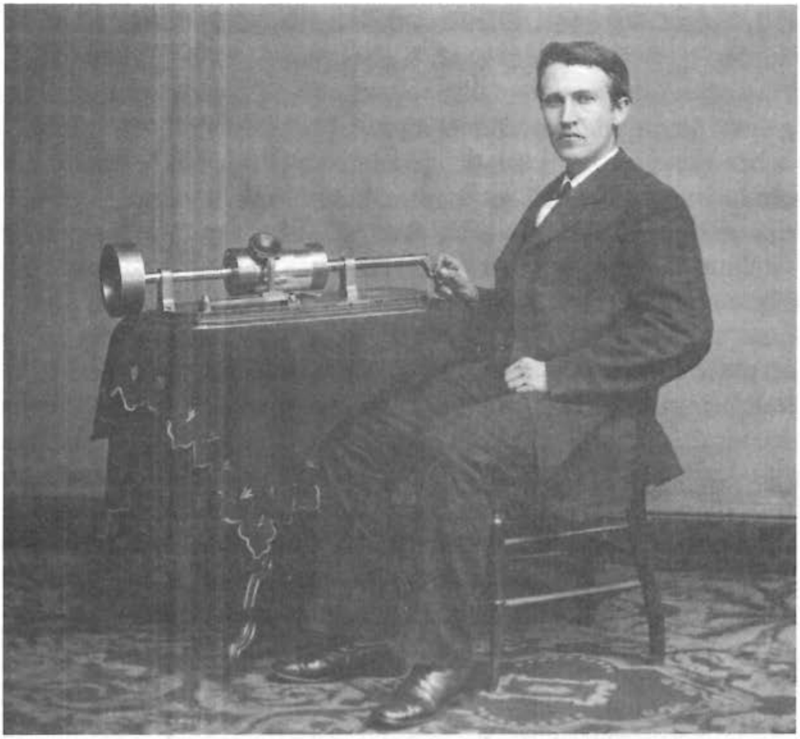
El modelo más conocido durante la eclosión del fenómeno era una depuración del primer prototipo (figura 6). El dispositivo de grabación y reproducción se había unificado en una sola pieza, igualmente compuesta de bocina, diafragma y estilete, que solo requería desplazar levemente la bocina en vertical sobre el soporte del estilete para ganar amplificación a la hora de escuchar el sonido. Se añadió también un volante de inercia en el eje de la manivela para ayudar a mantener la regularidad del movimiento al accionarla.

Su éxito, en realidad, respondió más a un triunfo publicitario que al aparato en sí mismo, porque, a causa de sus muchos defectos mecánicos, su uso práctico presentaba grandes inconvenientes. Como el cilindro se operaba a mano, era necesario adquirir habilidad para accionar la manivela con cierta regularidad mientras se hablaba a la bocina. Y aun así era imposible conseguir que el cilindro girara a velocidad constante; la velocidad de la grabación variaba de modo considerable aunque la activara siempre la misma persona. De ese modo, la posibilidad de grabar y reproducir música satisfactoriamente era reducida. Tampoco el registro

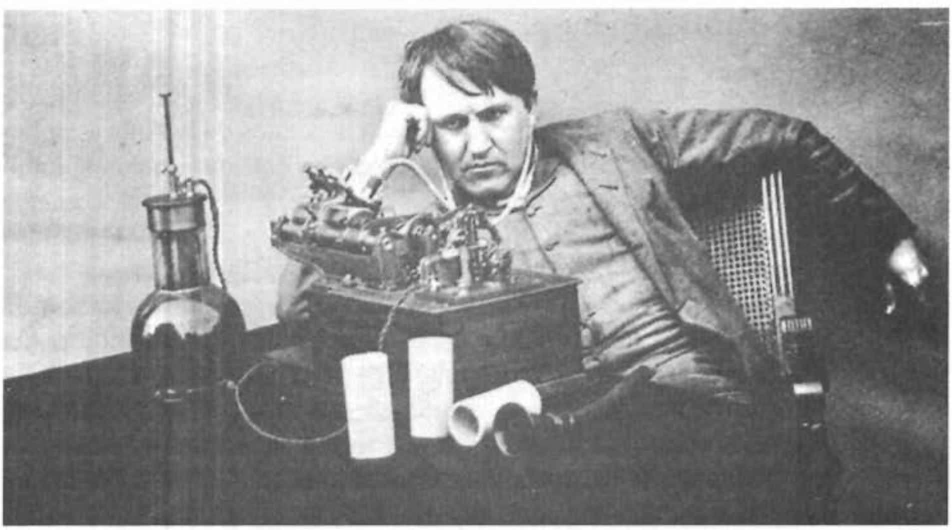
en papel de estaño resultaba óptimo a causa de la fragilidad del material. Si la lámina no se sujetaba bien al cilindro, se echaba a perder de inmediato, algo que sucedía a menudo, porque hacía falta destreza para introducirlo en la ranura longitudinal y cerrarlo con la clavija. Además, el papel de estaño era extremadamente fungible: se borraba al cabo de muy pocas reproducciones. Como no podía extraerse y reemplazarse ágilmente, y al hacerlo, podía romperse, los usuarios solían reproducir después de grabar, con lo que, al gastarse rápidamente con el uso, las láminas no tardaban en desecharse.

Edison soñaba con un gran futuro para su invento más allá de su interés científico o de su explotación como espectáculo. En su opinión, el fonógrafo tendría un uso fundamental en el mundo de la empresa para la escritura de cartas y todo tipo de dictado sin la ayuda de un taquígrafo; en el mundo de la educación para el registro de lecciones o la enseñanza de la elocución; en el mundo académico para la preservación de las lenguas gracias al registro de la pronunciación exacta. A continuación, consideraba toda una serie de usos de ocio, como la reproducción de música, la creación de juguetes, los registros de recuerdos familiares o incluso para dotar de libros fonográficos a los ciegos. En cuanto a la comunicación, estaba seguro de poder aplicar el principio a relojes para que dieran la hora hablada o en conexión con el teléfono, como instrumento auxiliar en la transmisión de registros permanentes.

Sin embargo, para poder llevar a cabo todas estas aplicaciones el invento requería invertir mucho trabajo y dinero en su desarrollo y perfeccionamiento. A todo esto, el público se había ido cansando poco a poco de la novedad y sus inconvenientes prácticos pesaban demasiado como para tener éxito en el mercado. Edison estaba totalmente convencido de sus posibilidades y quería trabajar en él, pero justo en ese momento había dado un gran paso en el campo de la luz eléctrica, un vasto territorio todavía por explorar y a la espera de conquista, y, sabiamente, decidió volcar todas sus energías en ello. Acababa de ganar el contrato para desarrollar la red de energía eléctrica de la ciudad de Nueva York.



Edison posando junto a una de sus primeras versiones del fonógrafo, la de 1878 (arriba). Aunque en un principio no tuvo la trascendencia esperada, una década después presentó su fonógrafo mejorado (foto inferior), con el que finalmente logró el éxito comercial.



DIEZ AÑOS DESPUÉS: EL CILINDRO DE CERA

Durante casi diez años el fonógrafo de Edison permaneció en su estado original, como una mera ilustración en libros de texto sobre el mecanismo implicado en las vibraciones sonoras. Sin embargo, el potencial de comercialización de un aparato de ese tipo no quedó desatendido. En 1879, el suegro de Alexander Graham Bell, un directivo e inversionista de la Edison Speaking Phonograph Company profundamente decepcionado por el fracaso comercial del invento, logró interesar al inventor escocés en el desarrollo de un dispositivo fonográfico que superara las limitaciones del original. Bell trabajó intensamente junto a sus socios del Laboratorio Volta, situado en Washington, el químico Chichester Bell (1848-1924) y el ingeniero Charles Sumner Tainter (1854-1940), de modo que en 1881 ya habían fabricado una máquina de grabación y reproducción de sonido de capacidad superior al fonógrafo. Sin embargo, no presentaron la petición de patente hasta 1885; durante varios años se dedicaron a perfeccionar su modelo y alejarlo en la medida de lo posible del sistema de Edison.

«El genio es un uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve por cierto de transpiración.»

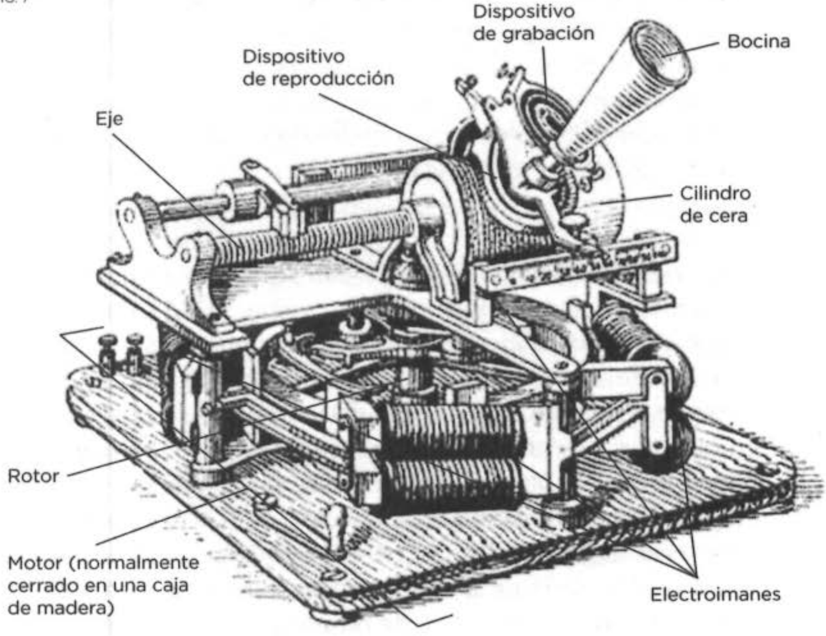
— Thomas Alva Edison.

El «grafófono» salió al mercado de manos de la Volta Graphophone Company en 1886. Sus diferencias principales con el fonógrafo, además de ciertos detalles de la mecánica interna, eran que grababa en rollos de cera en lugar de papel de estaño y el cilindro rotaba mediante sistemas alternativos a la fastidiosa manivela. Los rollos de cera eran más resistentes y mucho más fáciles de manejar; además, permitían hacer grabaciones de mayor duración y con superior calidad de sonido. Por otro lado, los primeros modelos se movían mediante pedales y un mecanismo de relojería, que posteriormente se sustituyeron por un motor eléctrico. De aquel aparato derivaría el dictáfono, una línea de negocio que resultó muy rentable para sus socios.

Edison dispuso al fin de cierto tiempo a partir de 1887 para retomar con energía renovada el desarrollo del invento que había declarado su favorito. Molesto por la burda copia que en su opinión representaba el grafófono, se marcó el objetivo de solventar todos los defectos de su modelo y superar el de sus competidores para reinar en el mercado. Trabajó en el fonógrafo con el ahínco acostumbrado hasta 1890, consiguiendo transformar aquel juguete científico en el éxito comercial que había soñado.

El fonógrafo renacido (figura 7) recuperó una idea original. Se había visto pronto que el empleo de una sola aguja para registrar y reproducir no funcionaba bien, ya que la grabación requería una herramienta de corte muy dura, mientras que la reproducción satisfactoria y repetida necesitaba una punta que produjera un mínimo desgaste. Tras muchos experimentos se optó por una aguja de grabación que consistía en un estilete en forma de pequeña

FIG. 7



gubia, esto es, un formón de mediacaña diseñado para labrar superficies curvas, que tenía un diámetro de poco más de 1 mm. En cambio, la aguja reproductora tenía un cabezal en forma de bola o botón aún más pequeño. El estilete producía un registro formado por una serie de acanaladuras interconectadas con los bordes redondeados, de profundidad y anchura variables, que el cabezal de botón podía seguir fielmente. Más adelante las agujas se fabricaron de zafiro, un material semiprecioso, extremadamente duro e inoxidable, para que conservaran su forma y, por ende, su capacidad de reproducción de sonido.

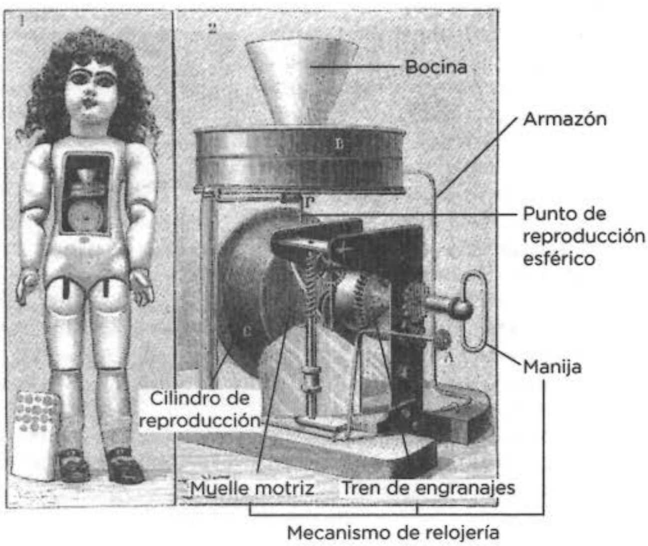
La idea de que el registro en papel fuera de estaño, parafinado o bañado con cera se abandonó. En su lugar Edison situó una pieza integral: un cilindro con una superficie de grabación hecha de un material similar a la cera. Estos bloques cilíndricos podían extraerse con facilidad, reproducirse muchas veces —aunque igualmente se acababan gastando—, e incluso borrarse con una herramienta de torneado que se insertaba en el propio fonógrafo para conseguir una superficie en blanco donde grabar de nuevo, como los remotos palimpsestos. Como las paredes del cilindro tenían unos 6 mm de espesor mientras que la profundidad del surco apenas superaba los 0,03 mm, era posible regrabar muchas veces.

Ajustar la aguja de grabación con el fin de que penetrara a la mínima profundidad y luego conseguir que la aguja de reproducción siguiera exactamente un registro tan leve supuso un reto técnico de primer orden. El aparato tenía problemas para responder a las variaciones en el cilindro, como las deformaciones provocadas por los cambios atmosféricos, y, por otro lado, conseguir que la superficie quedara regular y perfectamente nivelada a la hora de rebajarlos para ponerlos en blanco requería mucha precisión. Para superar este problema se dio con una solución ingeniosa: conectar las agujas de grabación y reproducción al diafragma mediante una pieza de goma que permanecía fija frente a las vibraciones sonoras, muy rápidas, pero que cedía a las imperfecciones o variaciones en la superficie del cilindro. La masa de esta pieza hacía que la aguja de grabación penetrara a la profundidad requerida y mantenía la aguja de reproducción siempre dentro del rango de presión necesario.

Por supuesto, Edison y su equipo ensayaron muchas mejoras que se acabaron abandonando. El modelo operativo final se consiguió en 1889, tras cinco días de encierro de todo el equipo de colaboradores. Al llegar el año 1893 Edison había conseguido la aprobación de 75 patentes sobre mejoras en el fonógrafo. El fo-

JUGUETES PARLANTES

La aplicación más peculiar del fonógrafo que pasó por la mente de Edison se puede encontrar registrada en una nota de laboratorio con fecha del año 1877, aunque no se patentó hasta 1890. La idea era miniaturizar el fonógrafo e insertarlo en una muñeca u otro juguete, para darle habla. Las muñecas parlantes, con un fonógrafo encapsulado en el torso de latón, llegaron a salir a la venta por 10 dólares. Fue preciso llevar a la fábrica de muñecas a niñas de corta edad que grabaron canciones y nanas en cilindros de cera. Lo cierto era que la idea de los juguetes parlantes estaba muy por delante de las posibilidades de la tecnología del momento, como demuestran los numerosos problemas que presentaron: sonidos agudos o crujidos metálicos que podían llegar a inquietar a los niños, muñecas que no funcionaban o que se oían muy débilmente, y fragilidad de la estructura de la muñeca.



nógrafo renacido estaba dotado de motor, una forma primitiva de micrófono y auriculares, y montado en una caja que solo requería cerrarse con la tapa para transportarlo. Todo por un precio que estaba entre los 10-30 dólares de los modelos más sencillos y los 200 dólares de los modelos taquigráficos para empresas.

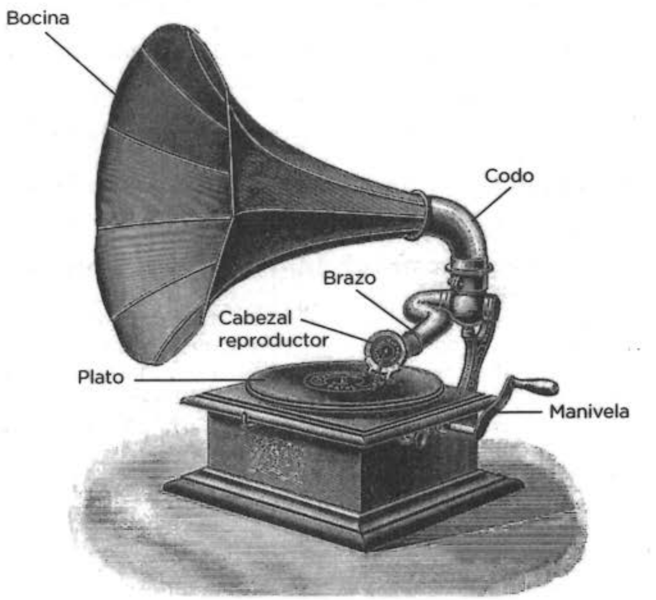
El motor eléctrico era pesado y caro, por lo que no se incluía en todos los modelos. Pero resultaba imprescindible para realizar grabaciones de calidad y reproducciones con la fidelidad de sonido necesaria para impulsar el negocio de lo que se llamaría «grabaciones», selecciones musicales grabadas, el germen de

DISCOS CONTRA CILINDROS

La guerra de los discos contra los cilindros no fue un conflicto de calidades de sonido, sino una cuestión industrial. En lo que respecta a la calidad, los primeros discos no eran superiores a los cilindros; de hecho, la tecnología de grabación de Edison era superior a la de Berliner. Las grabaciones hechas en un cilindro permanecían a una velocidad lineal constante durante todo el registro, mientras que los discos tenían una velocidad lineal superior en el borde que se iba reduciendo hacia el interior. Con todo, las ventajas del disco en el proceso de fabricación lo hacían mucho más rentable. Los discos podían estamparse, lo que facilitaba la producción en masa, mientras que Edison solo pudo estampar a partir de 1901-1902, con el desarrollo del molde de oro para cilindros. Por otra parte, el disco requería menos espacio de almacenamiento y su manejo era más fácil y cómodo. Además, como la tecnología del disco era completamente distinta a la del fonógrafo, era un terreno libre de los derechos de Edison en el que toda una industria podía medrar. Gradualmente, su precio más reducido y las excelentes campañas de publicidad de las compañías discográficas consiguieron hacer de los discos el soporte más popular, hasta el punto de que el propio Edison comenzó a fabricarlos, abandonando definitivamente la producción de cilindros en 1929. El gramófono registraba el sonido mediante el mismo sistema mecánico analógico que el fonógrafo. Las ondas sonoras transformadas en vibraciones mecánicas mediante un diafragma movían una púa que trazaba surcos en espiral sobre la superficie de un disco metálico o de cera. Mediante un baño metálico que luego se desprendía, este disco grabado producía un molde positivo a partir del cual se prensaban los discos, utilizando una pasta a base de goma laca (en el caso de los posteriores discos de vinilo, un material termoplástico). En la reproducción, se daba cuerda al aparato con una manivela para hacer girar el plato y luego se hacía

la futura industria musical. El mercado de «grabaciones» fue el logro máximo del fonógrafo desde el punto de vista comercial. Se desarrolló trabajando intensamente entre los años 1890 y 1898 para solventar los titánicos problemas técnicos. En teoría el cilindro de cera permitía la duplicación, produciéndose miles de copias de un cilindro maestro, pero en la práctica las medidas de los surcos y el grosor de los materiales eran tan nimios que fue necesario mucho esfuerzo y dinero para conseguir diseñar un proceso industrial eficiente. Los cilindros con «grabaciones» se irían perfeccionando a lo largo de los años y favorecerían la

descender la púa sobre el disco. Al recorrer el surco del disco giratorio, la púa generaba vibraciones mecánicas que hacían vibrar el diafragma situado en el cabezal reproductor del brazo, donde se transformaban en sonido que era amplificado a través de la bocina.



aparición de un mercado que sería muy popular hasta el estallido de la Primera Guerra Mundial.

En aquel terreno disputado no tardarían en entrar otros inventores y fabricantes, el más peligroso de los cuales presentaba un soporte nuevo y amenazante. El inventor germano-americano Emil Berliner patentó el gramófono en 1887, aunque no logró comercializarlo hasta 1895, empleando discos en lugar de cilindros, una idea que ya había ensayado Edison dos décadas atrás. Tras una larga lucha contra el cilindro, el disco se acabaría imponiendo por sus innegables ventajas. Como fuere, el trabajo de aquellos hombres, y de muchos otros en aquellos años, puso los cimientos de la industria musical, uno de los pilares fundamentales del negocio actual del entretenimiento.

CAPÍTULO 5

La maravilla del siglo: la luz eléctrica

Cuando Edison vio un modelo de laboratorio de red eléctrica de alumbrado, se convenció de estar ante el futuro y empezó a trabajar en el problema de la «subdivisión de la luz». Su empeño por fabricar una bombilla incandescente funcional le llevó a una extensa búsqueda de materiales y a luchar contra la desconfianza de los inversores. Acabó empeñando su fortuna personal, pero logró su objetivo: implantar un sistema de distribución de luz eléctrica, un eslabón esencial del mundo tal y como se conoce hoy día.

En 1878 Thomas Alva Edison tenía treinta y un años pero ya había producido tres grandes inventos que habían causado un impacto importante en la sociedad de su época: el telégrafo múltiple, la versión definitiva del teléfono y el fonógrafo. La prensa generalista reconocía sus logros llamándole el «mago de Menlo Park» y su nombre era tan familiar entre los financieros de Wall Street como entre los seguidores de la actualidad técnica y científica.

A finales de aquella primavera el inventor estaba exhausto. Aprovechando una invitación para unirse a una expedición científica que tenía el objetivo de observar un eclipse total desde las montañas Rocosas, decidió tomarse un relativo descanso, el primero desde hacía casi diez años. Edison convivió durante varias semanas con algunos de los científicos más eminentes de Estados Unidos y como resultado de las conversaciones con ellos se despertó su interés por la iluminación eléctrica.

A su vuelta, como le habían recomendado, visitó la fábrica de la empresa Wallace & Sons, una importante fundición de latón y cobre especialmente considerada por su trabajo en la fabricación de cableado para comunicaciones. Su dueño, William Wallace (1825-1904), llevaba una década experimentando con electricidad y había fabricado su propia dinamo en 1874. Poco antes de la visita de Edison había comenzado a desarrollar un sistema de alumbrado con lámparas de arco, alimentado por un potente

generador eléctrico. El taller de Wallace en Ansonia, Connecticut, era el mejor ejemplo de lo que Estados Unidos tenía que ofrecer en el emergente campo de la energía eléctrica.

«El primer paso es la ocurrencia de una idea... Entonces empiezan las dificultades.»

— Thomas Alva Edison.

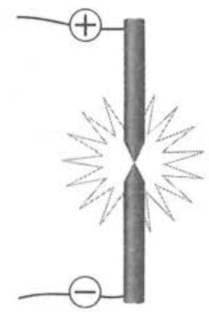
Cuando Edison vio ponerse en marcha el generador y encenderse de una sola vez todas las lámparas de Wallace, quedó maravillado. Su mente comenzó a hacer cálculos sobre potencia, costo por hora, etcétera. Allí estaba la oportunidad de negocio más importante con que jamás se había encontrado. Ahora bien, la inversión inicial necesaria para solventar todos los problemas técnicos y establecer una red de suministro eléctrico también sería considerable. Al día siguiente, el inventor puso a todo el equipo de Menlo Park, con él a la cabeza, a trabajar exclusivamente en la investigación de la iluminación eléctrica.

¿ARCO O INCANDESCENCIA?

Aunque la electricidad era un campo nuevo para Edison, ya formaba parte de la historia de la ciencia. En 1808, el químico británico Humphry Davy (1778-1829), considerado uno de los fundadores de la electroquímica, junto a Volta y Faraday, empleó una potente batería eléctrica para demostrar ante la Royal Institution que la electricidad podía producir luz a través de dos métodos esenciales: haciéndola estallar en forma de arco entre dos conductores separados o calentando un metal infusible hasta la incandescencia. Desde entonces la posibilidad de fabricar una lámpara eléctrica eficiente había intrigado a muchos investigadores e inventores, pero las limitaciones y el costo prohibitivo de la corriente eléctrica disponible antes de la década de 1860 impidieron que se produjeran avances importantes. Aunque se registraron patentes de lámparas de arco y dispositivos incandescentes

desde los años 1840, nadie había conseguido diseñar una bombilla de funcionamiento y emisión estable, de modo que resultara práctica.

FIG. 1



En su mayor parte, las investigaciones se habían centrado en la lámpara de arco. Davy había usado dos piezas de carbón afiladas para mostrar que una corriente eléctrica potente podía producir un arco eléctrico continuo que proporcionaba un brillo lumínico muy intenso (figura 1). El funcionamiento efectivo de la lámpara, la emisión de luz, dependía en gran medida del ajuste de la distancia entre las dos piezas de carbón. A pesar de la simplicidad del dispositivo, la lámpara de arco presentaba problemas serios: en primer lugar, aún no se sabía cómo evitar que el intenso calor del arco fundiera los dos puntos de contacto del carbón con cada una de las conexiones a la fuente de alimentación, y, además, debía encontrarse un método para reajustar la separación de los electrodos cuando el desgaste, debido a la propia emisión, modificaba la distancia entre ellos.

En 1878 se conocían en profundidad los principios fundamentales de la tecnología de la luz de arco y se había avanzado mucho en el propósito de adaptarla para su uso práctico. William Wallace pudo enseñar a Edison lo último en este terreno: un regulador electromagnético que mantenía los dos electrodos de carbón a la distancia adecuada, produciendo una potente luz al aplicar corriente. Por aquel entonces podían verse lámparas de arco alumbrando algunas calles, edificios públicos y almacenes, pero no eran adecuadas para el uso doméstico porque eran incluso demasiado potentes. Para la iluminación de las casas particulares, donde la intensidad debía ser mucho menor, se empleaba satisfactoriamente la luz de gas.

Frente a las lámparas de arco, el desarrollo de la tecnología de la iluminación por incandescencia se encontraba aún en un estado muy preliminar. Davy había demostrado que una corriente eléctrica podía calentar un material hasta el punto de generar la emisión de luz. El problema básico era que la temperatura de operación debía ser suficientemente alta para causar la incandescencia pero al mismo tiempo producía la oxidación o la fusión de los

materiales constituyentes. Una excepción era el carbón, que no se fundía a altas temperaturas, sin embargo, debido a impurezas, podía arder con facilidad, por lo que los experimentos con él tampoco llegaron muy lejos. El otro material de propiedades adecuadas era el platino, a causa de su alta resistencia a la oxidación. Sus inconvenientes eran el costo y, sobre todo, la dificultad de elevar su temperatura hasta la incandescencia sin que luego continuara calentándose, llegando así al punto de fusión, cerca de los 1770 °C.

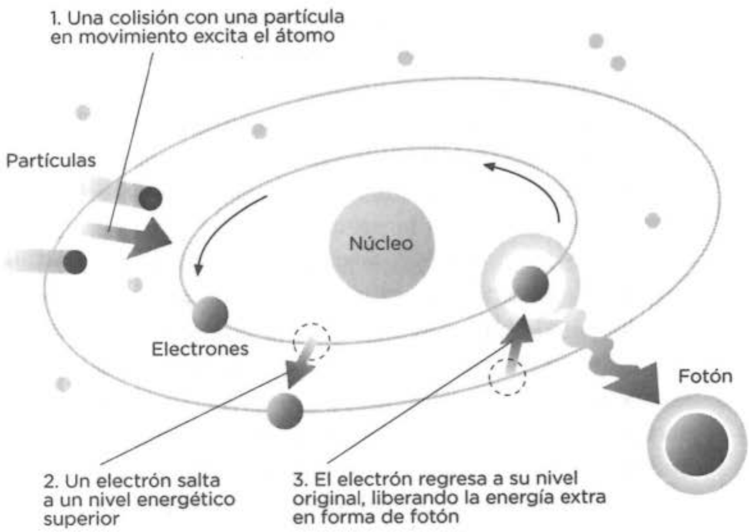
En el segundo cuarto del siglo XIX muchos investigadores estudiaron el problema de la lámpara incandescente trabajando con varias combinaciones de hilos de platino o iridio y varillas de carbón encerrados en recipientes de vacío o semivacío. La primera patente

¿QUÉ ES LA LUZ?

La luz se define como una onda electromagnética compuesta por fotones (partículas energizadas). Ha sido siempre uno de los principales campos de investigación de la física, destacando en él grandes nombres de la historia de la ciencia, como Newton, Huygens, Fresnel, Young, Millikan, Einstein y muchos más. El estudio de los fenómenos experimentados por la luz muestra que presenta una doble naturaleza: naturaleza ondulatoria (de ondas) cuando se propaga, y naturaleza corpuscular (de partículas) cuando interactúa con la materia. Este postulado es uno de los principios básicos de la mecánica cuántica. Desde un punto de vista basado en la naturaleza corpuscular de la luz, los fotones se definen como paquetes de energía, dotados de impulso (velocidad o cantidad de movimiento), pero no masa. Estas partículas pueden crearse o emitirse en el seno del átomo. Para entender el proceso que lo hace posible, es necesario introducir la noción de las órbitas atómicas. Los electrones de un átomo están ligados al núcleo atómico; se puede decir de forma simplificada que ocupan preferentemente ciertas regiones alrededor del núcleo, las órbitas electrónicas, en función de su nivel de energía. En general, los electrones situados en niveles energéticos superiores se mueven en órbitas más alejadas del núcleo. Los procesos de emisión de fotones (luz) se explican como sigue. Cuando un electrón absorbe o gana energía, por ejemplo, debido a colisiones con otras partículas (1), puede saltar a una órbita de energía superior (2). Esta posición se denomina «estado excitado» y se mantiene durante una mínima fracción de segundo (estado transitorio). De manera casi inmediata, los electrones excitados tienden espontáneamente a su estado energético

se concedió en 1841 al inventor inglés Frederick de Moleyns (1804-1854), con un diseño combinado que empleaba carbón y platino en el vacío de una bombilla de vidrio. En 1845, el inventor estadounidense John Starr (1822-1846) patentó dos bombillas usando respectivamente ambos materiales e hizo demostraciones con ellas. Por desgracia, falleció al poco tiempo, con apenas veinticinco años, sin acabar de conseguir que sus bombillas fueran óptimamente operativas. Durante tres décadas, numerosos dispositivos salieron de los talleres de inventores de todo el mundo industrializado, sin que llegara a solucionarse el problema fundamental de la incandescencia, es decir, cómo calentar un material hasta hacerlo brillar sin que ello implicara destruirlo.

fundamental (de menor energía), volviendo a su órbita originaria. Cuando retornan a ese estado fundamental, la energía correspondiente a la diferencia entre niveles energéticos se emite en forma de fotón (3).



LA LARGA BÚSQUEDA DE LOS MATERIALES

Cuando Edison puso a su equipo en busca del material emisor de luz adecuado para fabricar una bombilla incandescente funcional, sus progresos iniciales fueron muy rápidos y le convencieron de que lograría su objetivo en breve. Sus primeros experimentos se hicieron con el propósito de confirmar las razones del fracaso de los inventores anteriores. El carbón parecía la opción más simple y económica, pero este elemento se mostraba tan frágil que resultaba aparentemente impracticable como material incandescente. Edison pensó que, en lugar de estudiar una manera de protegerlo frente a la combustión, sería más fácil encontrar la manera de que un metal regulara automáticamente su propia temperatura.

En pocos días presentó un *caveat* que contenía 44 métodos diferentes de autorregulación de la temperatura en metales llevados al punto de incandescencia, sin importar la potencia de la corriente que se les aplicara. La idea fundamental de Edison era usar la expansión que experimentan los metales debido al aumento de temperatura para accionar una interrupción o reducción de la corriente al acercarse el punto de fusión del material. Proponía hacerlo, bien fuera en la propia espiral incandescente o por medio de una pieza de metal adicional en proximidad.

La experiencia del fonógrafo le había enseñado mucho sobre publicidad y medios de comunicación. En cuanto tuvo en las manos una lámpara que se mantenía en funcionamiento durante unos minutos, aunque no tuviera valor práctico real, empezó a hacer declaraciones a la prensa sobre el gran futuro de la iluminación eléctrica. En la fábrica de William Wallace, el generador lograba suministrar electricidad para alimentar simultáneamente una decena de lámparas. Edison aseguró estar trabajando en una bombilla tan barata y eficiente que, en su red, un solo generador podría encender «mil, o quizá diez mil». Los medios de comunicación y el mercado habían aprendido a responder a la llamada de Edison, aguardando cada nuevo invento como una nueva revelación; ante sus declaraciones, enseguida se desató una oleada de entusiasmo e incluso las acciones de las compañías de gas para el alumbrado perdieron valor en las bolsas de Nueva York

¿QUÉ ES LA INCANDESCENCIA?

La incandescencia, o cando-luminiscencia en su primera denominación, actualmente en desuso, es el nombre que recibe el fenómeno de emisión de luz por medio del calor. Se basa en la radiación térmica, es decir, la radiación emitida por un cuerpo debido a su temperatura finita. Todos los cuerpos emiten radiación térmica, energía transportada en forma de ondas electromagnéticas. Ciertos materiales, al elevar notoriamente su temperatura llegan a alcanzar el llamado «estado incandescente», esto es, enrojecido o blanqueado por la acción del calor, de forma que emiten luz de longitudes de onda perceptibles por el ojo humano. Como ocurre en una lámpara incandescente, la radiación térmica producida por el movimiento de partículas cargadas, electrones, dentro de los átomos (colisiones) se emite como radiación electromagnética, percibida también como calor. La luz emitida depende directamente de la temperatura del cuerpo caliente: un cuerpo ligeramente caliente (alrededor de 1600 °C), emite luz roja anaranjada, mientras que un cuerpo muy caliente (alrededor de 5000 °C), emite luz muy blanca e incluso puede llegar al blanco azulado (de 8000-9000 °C).

y Londres. Varios financieros de Wall Street relacionados con la telegrafía, el gas y demás sectores estratégicos, entre los que se encontraban directivos de la Western Union y miembros de la familia Vanderbilt, se apresuraron a proponerle la constitución de una sociedad. La Edison Electric Light Company nació con el objetivo de dar apoyo a los desarrollos experimentales sobre iluminación eléctrica de Edison en Menlo Park y gestionar las patentes resultantes.

La aproximación inicial propuesta por el inventor, la idea de alambres o espirales de platino en los diversos tipos de continentes, con sistemas de regulación de potencia basados en la expansión térmica del metal incandescente o un elemento adyacente, no hacía sino generar más y más problemas. Pasaron los primeros meses y se fue viendo con claridad que una cosa era concebir la aplicación de la luz eléctrica formando parte de un sistema de iluminación y energía extenso y completo, y otra solucionar satisfactoriamente cada uno de los requerimientos técnicos de un sistema semejante.

Entonces comenzó un período intenso de experimentación en Menlo Park. A las espirales autorreguladas de platino se unieron reguladores de lámparas de arco, luces de calcio y oxihidrógeno —las luces de escenario teatral— alimentadas por electrólisis, y todo tipo de sistemas de autorregulación mecánicos, como el empleo de diafragmas a modo de interruptor, que resultaban demasiado complejos para ser rentables. La lista de materiales con que se ensayó, por separado o en aleación, es muy exuberante: iridio, rutenio, cromo, aluminio, silicio, tungsteno, molibdeno, paladio, boro, titanio, manganeso... Ninguno obtuvo buenos resultados. La forma tanto del metal, como del regulador de temperatura, así como de todas las piezas mecánicas e incluso de la base y el continente se fabricaban en incontables variaciones. La constatación de que la tarea era más compleja de lo esperado ya tenía nerviosos a los socios de la compañía, que presionaban a Edison para ver resultados.

En 1879, el inventor era plenamente consciente de que la empresa en que se había embarcado requeriría muchos más recursos de los que disponía. La búsqueda de los materiales se acabó convirtiendo también en una compleja partida de estrategia empresarial en que Edison intentaba apaciguar a sus inversores con pruebas de sus avances. Al mismo tiempo necesitaba atraer más ingresos para sostener un esfuerzo de investigación cada vez más frenético y exigente, sin perder el avance de la experimentación.

En abril, los socios de Edison le obligaron a hacer una demostración con la lámpara de filamento de platino. El fracaso fue estrepitoso. Las bombillas consumían demasiada electricidad, su producción era muy cara y se fundían enseguida. Las acciones de la Edison Electric Light Company cayeron al tiempo que las compañías del gas para alumbrado se recuperaban. A partir de aquella primavera, estas compañías desataron una calumniosa campaña de prensa contra Edison, calificándolo de charlatán.

Lejos de arredrarse, Edison empeñó su fortuna personal para dar el impulso definitivo al desarrollo de la bombilla incandescente. Menlo Park experimentó una ambiciosa ampliación, incorporando tres edificios más: una oficina con biblioteca y vestíbulo de recepción, una sala de máquinas con dos máquinas de vapor



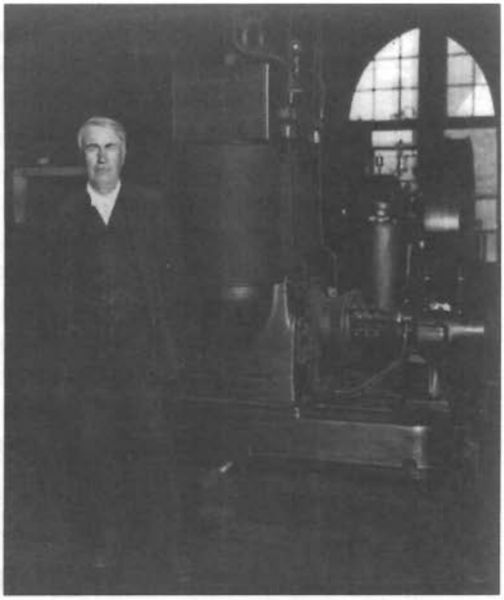




FOTO SUPERIOR IZQUIERDA:
Imagen de una de las primeras bombillas creadas por Edison.

FOTO SUPERIOR DERECHA:
Edison con un modelo de su dinamo «Mary Ann», en 1906, en Orange, Nueva Jersey. Esta dinamo permitió por primera vez la creación de una red eléctrica funcional.

FOTO INFERIOR:
Imagen de 1880, de la primera fábrica del mundo destinada a la manufacturación de las bombillas ideadas por Edison, situada en Menlo Park.

de 80 CV y un taller de soplado de vidrio. La plantilla de colaboradores también se reforzó cualitativamente con científicos e ingenieros con titulación académica superior, entre ellos, el químico Edward Acheson (1856-1931), posterior descubridor del carburo de silicio, y Frank Sprague (1857-1934), considerado el principal inventor del tractor. Por exigencia expresa de la junta directiva de la Edison Electric Light Company, Edison tuvo que contratar al físico y matemático Francis Upton (1852-1921) como jefe del departamento científico, con quien, a pesar de la desconfianza de Edison hacia los teóricos, establecería finalmente una excelente amistad. Pronto Upton se hizo imprescindible, sobre todo en lo concerniente al cálculo de la resistencia eléctrica de filamentos y de cables de distribución eléctrica.

EL FILAMENTO DE BAMBÚ CARBONIZADO

En la historia de la bombilla incandescente no hubo un momento épico de revelación en el que Edison vio con claridad cuál era el camino correcto, sino que respondió a la acumulación de conocimiento a partir de experimentación sistemática. El trabajo sostenido de investigación fue conduciendo al equipo de Menlo Park hacia la evidencia de que debían abandonar la aproximación en que todavía se encontraban la mayoría de los inventores, la búsqueda de cuerpos de incandescencia de alto punto de fusión y baja resistencia, para pasar a investigar materiales de alta resistencia eléctrica y bajo consumo energético. Esta certeza se vio reforzada por la mejora de los resultados obtenidos con nuevas bombas de vacío, las cuales permitían conseguir un vacío más perfecto en el espacio interno, y de mejores materiales incandescentes degasificados, como el osmio.

Cuando se habla de vacío se asocia automáticamente a la ausencia total de materia en un determinado espacio, pero en la ciencia y técnica, cuando se habla de un vacío provocado de forma artificial, el vacío constituye sencillamente una región donde la densidad de partículas es muy baja o, expresado de otro

modo, un espacio cerrado donde la presión del aire u otros gases es considerablemente menor que la presión atmosférica. Edison contrató al soplador de vidrio alemán Ludwig Karl Böhm (1859-1907), que había trabajado con el físico Heinrich Geissler (1814-1879), quien fuera el creador de los tubos de vacío conocidos con su nombre, piezas esenciales en el estudio de la electricidad y los átomos. Con su ayuda, el equipo de Menlo Park trabajó intensamente para perfeccionar al máximo posible el vacío de la bombilla, es decir, reducir en la medida de lo posible la presión en su interior, y lo lograron desarrollando sus propios instrumentos para llevarlo a cabo.

> «El error de la mayoría de los inventores es que prueban aquí y allá un par de veces y después abandonan. En cambio, yo no me detengo hasta que consigo lo que quiero.»
>
> — Thomas Alva Edison.

Habiendo fracasado con los metales, se recuperaron los filamentos gruesos de carbón anteriormente descartados, con un punto de fusión en torno a los 3500 °C y que se caracterizaban por tener una resistencia eléctrica más alta que el platino, para examinarlos de nuevo con más cuidado. Según los cálculos de Edison y Upton, los filamentos debían tener un diámetro máximo de 0,4 mm y una longitud de unos 15 cm. El proceso de carbonizado consistía en eliminar toda presencia de aire en la sustancia correspondiente de manera que después no pudiera oxidarse. Se hacía encerrando el material en un recipiente sellado y aplicando calor desde el exterior. Día y noche se investigaba la relación entre la forma de los filamentos de carbón, su resistencia mecánica y eléctrica y su irradiación de calor. Con todo, los filamentos emitían luz solo durante una o dos horas.

En los días 21 y 22 de octubre de 1879 un filamento de algodón carbonizado brilló durante 40 horas en el interior de la bombilla de vidrio en la que se había conseguido hacer un vacío de una millonésima parte de una atmósfera (la presión atmosférica normalizada, 1 atmósfera, es la presión que ejerce la atmósfera

terrestre a nivel del mar, equivalente a 760 Torr —torricelli—). Más tarde, un filamento de papel-cartón carbonizado llegó a brillar incluso 70 horas. El 4 de noviembre, Edison registró la patente para una lámpara de filamento de carbón, con un documento de apenas dos páginas. El 31 de diciembre de 1879, en la noche de Fin de Año, se hizo una presentación pública en Menlo Park; Edison realizó el encendido triunfal de sesenta lámparas alrededor del laboratorio y algunas calles y residencias del vecindario. El sistema permaneció en marcha durante varios días, en que llegaron a pasar por allí más de tres mil personas. La compañía de trenes de Pennsylvania tuvo que asignar trenes especiales con dirección al pequeño pueblo. Edison no había inventado la primera lámpara de incandescencia, pero gracias a la combinación de elementos ya conocidos, había creado la fuente de luz notablemente optimizada, que podía ser producida en gran escala y ponerse al alcance de cualquiera.

Pero la bombilla incandescente de Edison tendría que salvar todavía un último escollo. Apenas el dispositivo se hizo público con todos sus detalles, el inventor norteamericano William Sawyer (1850-1883) apeló ante la oficina federal de patentes alegando que había utilizado ya antes papel carbonizado como elemento de incandescencia. Edison se vio forzado a buscar otro material que además fuera mejor.

Había descubierto que los filamentos de bambú, un vegetal leñoso de fibras casi geométricamente paralelas y sin médula, tenían una duración de alumbrado de hasta 1200 horas; mucho mayor que la del papel carbonizado. Con su sentido de la publicidad, en 1880 envió por cuenta suya a varios expertos en la materia a Japón, China, India, Indochina y América Central y del Sur. La aventura, ampliamente seguida por la prensa y que llegó a resultar increíblemente cara, no reportó el hallazgo de una mejor fibra vegetal, pero dio pie a establecer contacto en Japón con un proveedor de confianza para el suministro de bambú en grandes cantidades.

En la patente del 27 de enero de 1880, Edison explicó de manera sucinta que su invento consistía en un cuerpo luminiscente de alambre de carbón enrollado o dispuesto de manera que ofre-

FIG. 2

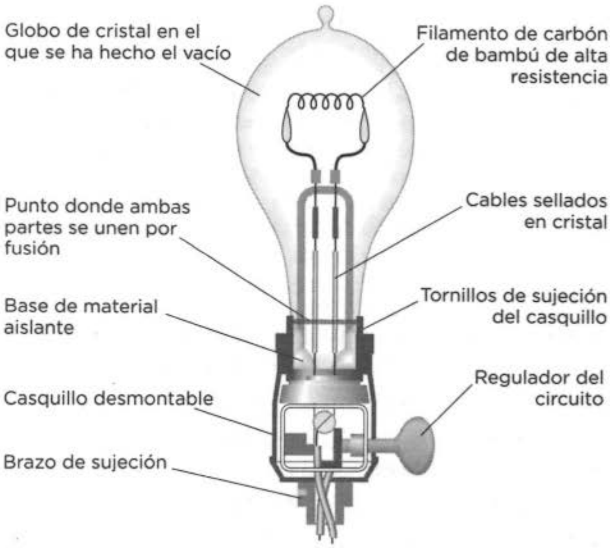
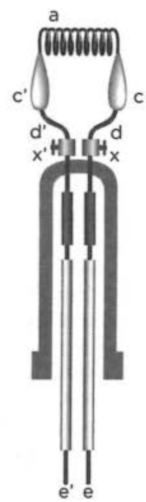


FIG. 3



ciera una alta resistencia al paso de corriente eléctrica y, a la vez, presentara una superficie mínima de emisión de radiación. Al encerrar este cuerpo de alta resistencia en un vacío casi perfecto, se impedía su oxidación. La corriente se conducía hasta el interior del bulbo de vacío a través de cables de platino sellados (figura 2).

La patente especificaba también el método de fabricación que permitía conseguir el vacío adecuado, lo que tenía como elemento crucial realizar un buen sellado. Primero se montaba el mecanismo interior (figura 3). El filamento se colocaba en espiral (a) con los extremos recubiertos con un compuesto plástico de alquitrán y hollín (c' c), que protegía la conexión con dos cables de platino (d' d). Al realizar la carbonización, el filamento y la mezcla amasada se solidificaban dando como resultado un material compuesto con un contacto eléctrico casi perfecto. Entonces se aplicaba el bulbo, soplado por el extremo superior. Los cables de platino quedaban en el interior, sellados mediante dos abrazaderas (x' x), dentro de las cuales el platino enlazaba con los

LA BOMBILLA DE SWAN

En 1850, el físico y químico inglés Joseph Wilson Swan (1828-1914) empezó a trabajar en una bombilla que empleaba filamentos de papel carbonizados dentro de un bulbo de cristal con un grado no muy elevado de vacío. En 1860 hizo una demostración y obtuvo la patente británica. Sin embargo, solo había conseguido hacer un vacío parcial en su bombilla, y en aquella época tampoco disponía de una fuente de energía eléctrica adecuada, por lo que su lámpara tenía un tiempo de vida muy corto. En 1875 volvió a presentar su invento con un vacío mejor y un hilo carbonizado como filamento. La lámpara mejorada de Swan utilizaba el pequeño oxígeno residual en el tubo de vacío para encender el filamento, lo que permitía que este brillara intensamente hasta llegar casi a blanco sin causar llama. No obstante, como tenía baja resistencia, necesitaba gruesos cables de cobre para alimentarlo con grandes intensidades de corriente. Swan recibió la patente británica para su dispositivo en 1878, un año antes que la primera patente de la bombilla de Edison. En apenas un año ya instalaba bombillas en hogares y disponía de una compañía para producirlas, The Swan Electric Light Company. En 1881 Edison tuvo que llegar a un acuerdo con Swan. El británico, menos interesado en hacer dinero que en el progreso de la invención, se dio por satisfecho con los derechos del mercado inglés. Sin embargo, para sortear los problemas que aún presentaba la implantación de redes de alumbrado eléctrico, en 1883 se fundó la Edison & Swan United Electric Light Company. La comúnmente conocida como Ediswan vendió una versión mejorada de las bombillas que Swan había inventado en 1881, hecha con filamentos de celulosa. Las variaciones del filamento de celulosa se convirtieron en el estándar de la industria, excepto en la Edison Company. Edison continuó usando filamentos de bambú hasta la fusión de las grandes compañías eléctricas estadounidenses en 1892 que tuvo como resultado la fundación de la General Electric, momento en el cual se adoptó universalmente la celulosa.

dos cables de cobre (e' e) que salían del bulbo para conectar la bombilla a la red. Por el extremo superior se hacía un vacío de alto grado mediante una bomba de mercurio perfeccionada y luego se cortaba el vidrio, sellando herméticamente el interior. En las primeras bombillas, un pequeño rabillo muy característico en la parte superior del bulbo daba testimonio de su origen en la boca de la caña del soplador.

Edison había conseguido producir su bombilla funcional, pero todavía quedaban muchos puntos por aclarar para resolver el

problema de «la subdivisión de la luz». Sin mejores dinamos, una red de distribución, interruptores, fusibles, contadores, enchufes y otros accesorios, la lámpara de incandescencia seguiría siendo un juguete científico. Así, el siguiente reto era diseñar el sistema completo de iluminación eléctrica.

DISEÑANDO LA RED ELÉCTRICA

Desde el mismo momento en que Edison tuvo su visión del mundo iluminado por un sistema de luz eléctrica y comenzó a trabajar en él, concibió una red para su distribución. Su referencia era el sistema que ya se había establecido para el suministro del gas, aplicado ahora al alumbrado. Se basaba en un punto de distribución central que abastecía a las calles y a las casas y demás elementos imprescindibles en una red de distribución de energía. Según declaró a la prensa, podría iluminar la parte baja de Manhattan al completo con una dinamo de 500 CV mediante cables subterráneos que llevarían la electricidad a los edificios, adaptando convenientemente los quemadores de gas, lámparas y soportes ya existentes como dispositivos de iluminación. Sus primeros diseños de circuitos de distribución estaban repletos de complejas combinaciones de electroimanes, interruptores, resistencias y palancas, elementos que daban cuenta de la herencia de la tecnología telegráfica con la que estaba tan familiarizado.

Hasta 1878, el único método conocido para distribuir corriente eléctrica en una red de componentes electrónicos era el sistema en serie (figura 4, en la página siguiente), donde todos los componentes están conectados de manera consecutiva y con lo que solo hay un recorrido posible para el flujo de la corriente eléctrica. La resistencia del circuito es la suma algebraica de las resistencias de sus componentes. Su tensión equivale a la suma algebraica de las tensiones en cada uno de los bornes de sus componentes. Así, la cantidad de tensión que debe darse al circuito en serie para obtener un determinado flujo de corriente deseado puede determinarse según la caída de potencial de cada uno de los componentes del

FIG. 4

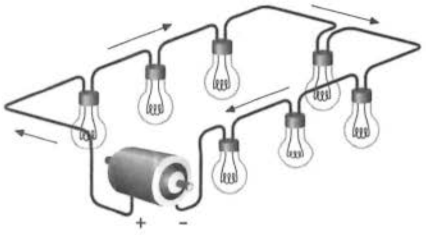


FIG. 5

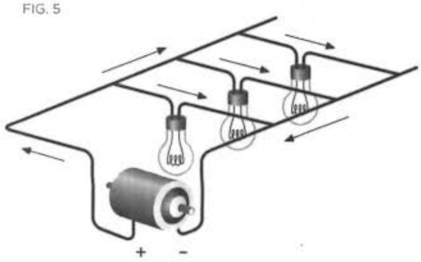
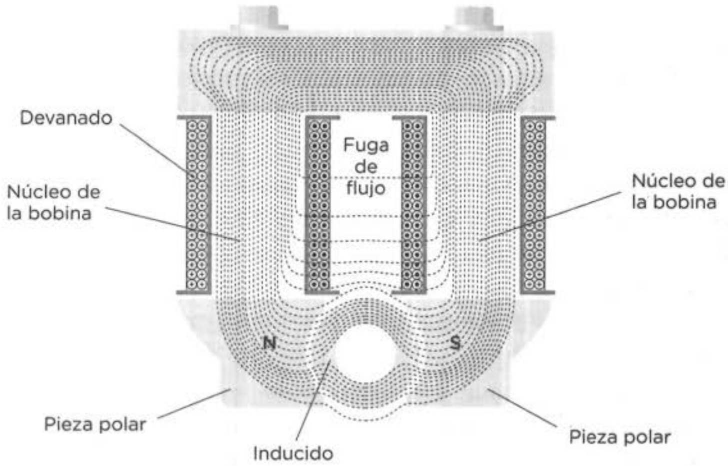


FIG. 6



circuito al paso de corriente. La corriente en este circuito es fija para todos sus puntos.

En un circuito en serie, el generador conecta directamente el inducido con el exterior. El inducido es la parte rotora de la máquina donde se produce la transformación de energía mecánica en eléctrica por medio de inducción electromagnética. Las bobinas de este generador consisten en unas pocas vueltas de alambre pesado con baja resistencia. Se trata de un sistema de funcionamiento inestable, donde la tensión fluctúa al producirse variaciones en la carga, de manera que añadir o eliminar luces hace cambiar la

luminosidad emitida. Para que la luz eléctrica tuviera uso práctico en los hogares de una población, Edison sabía que tenía que ser posible encender o apagar cada lámpara por separado sin afectar significativamente al resto de los componentes del circuito.

Edison diseñó un circuito en paralelo, o múltiple (figura 5), en el cual la configuración de los componentes estaba dispuesta de manera que la corriente se dividía entre ellos. Mientras que en el circuito en serie el valor de la corriente se mantiene constante y la tensión se ajusta a los requerimientos en términos de carga, en un circuito en paralelo la tensión aplicada es constante mientras que el valor de la corriente que atraviesa cada uno varía cuando se añaden o eliminan más unidades, o derivaciones en paralelo.

El elemento crucial en el esquema de Edison era el generador, cuya potencia debía satisfacer las necesidades del sistema. Descontento con los generadores existentes, Edison puso al equipo de Menlo Park a trabajar en la fabricación de la dinamo adecuada.

La primera dinamo de Edison tenía un aspecto inconfundible (figura 6). Sus dos bobinas se erguían verticalmente casi hasta la altura de una persona, lo que le valió el sobrenombre de «Mary Ann piernas largas». El principio operativo del aparato era el mismo que el de cualquier generador de corriente continua bipolar, pero su configuración hacía que tuviera una resistencia extremadamente baja, y que, operado a velocidad constante, la tensión entre sus bobinas permaneciera, con alguna oscilación leve, en los 110 voltios, la tensión que Upton había calculado para el sistema de iluminación eléctrica.

Según Edison «Mary Ann» podía operar a máxima potencia sin calentarse indebidamente, convirtiendo hasta el 90% de la energía mecánica suministrada para moverla en energía eléctrica, o en otras palabras, que tenía una eficiencia energética del 90%. No obstante, muchos científicos criticaron estos cálculos, considerándolos equivocados. En aquel momento se consideraba probado que el juego entre la resistencia interna de una dinamo y la resistencia de la carga impedía que la eficiencia del generador superara el 50%.

Enseguida quedó claro que la «cuestión de la economía», según expuso el propio inventor, no era un problema menor. Un

FIG. 7

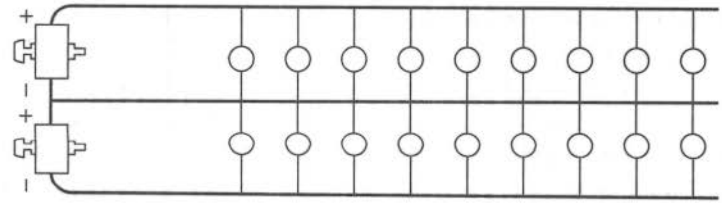


Diagrama del sistema de tres hilos, que comprende dos dinamos y un cable central neutro.

circuito simple con una cierta cantidad de bombillas demandaba corriente eléctrica de gran intensidad, lo cual implicaba una enorme cantidad de cobre para suministrarla. Los socios de Edison le instaron a la construcción de un sistema completo de alumbrado con las dimensiones adecuadas, para determinar su rentabilidad y detectar los posibles puntos débiles. Desde el invierno de 1879, un equipo de cien especialistas trabajó en la instalación de una red de distribución eléctrica dotada con líneas principales y secundarias en los alrededores de Menlo Park, y que debía servir como modelo para futuras redes a gran escala. En 1880 se había tendido un sistema provisto de una central de producción eléctrica y 425 lámparas que funcionaba con el mismo rendimiento que una instalación de gas, gracias a haber reducido las conducciones de cobre a una octava parte de las usadas inicialmente. Más adelante se llegó a ahorrar un 64% más de cobre mediante el llamado «sistema de distribución de tres hilos», que doblaba la capacidad del circuito sin cuadruplicar el cableado, sino añadiendo un cable neutro (figura 7).

En el mismo año, el magnate de los ferrocarriles Henry Villard (1835-1900), que era socio de la Edison Electric Light Company, proporcionó a Edison un contrato para instalar un sistema autónomo de alumbrado en el *S.S. Columbio*, el barco de vapor más rápido del momento, de 110 m de eslora y 3200 toneladas de peso. El circuito, con 115 lámparas de filamento de papel carbonizado, estaba alimentado por un grupo generador dotado con cuatro dinamos «Mary Ann». La luz eléctrica era más adecuada que

la iluminación de gas en los angostos espacios del interior de un barco. A pesar de su reducido tamaño, esta se puede considerar la primera central eléctrica comercializada, pues fue la primera vez que el sistema de Edison se instalaba fuera de Menlo Park.

Aun así, los inversores de la Edison Electric Light Company se negaban a aportar el capital de varios millones de dólares que Edison pedía para comenzar con la fabricación masiva y comercialización de instalaciones eléctricas y sus accesorios. Querían vender las licencias a terceros y cobrar porcentajes sobre la venta antes que lidiar con los problemas de la producción, porque eran conscientes de que todavía quedaba por desarrollar una inmensa cantidad de elementos, como máquinas de vapor y dinamos nuevas y más potentes, así como toda suerte de accesorios eléctricos, incluidos los aislantes.

Edison comprendió que solo podría continuar con lo que había visionado, y mantenerse a la cabeza de un sector donde ya asomaban fuertes competidores, si diseñaba y construía él

EL TREN ELÉCTRICO

En la primavera de 1880 Edison ordenó el tendido de una línea férrea de vía estrecha de 250 m de longitud, sobre la que se probó por primera vez una locomotora eléctrica de 1,80 m de longitud por 1,20 de anchura y 8,1 kW (11 CV) de potencia. Se trataba de la primera locomotora eléctrica de gran tamaño. El rey de los ferrocarriles, Henry Villard, quedó tan impresionado por la exhibición que adelantó 40 000 dólares para el desarrollo de una locomotora más potente y veloz. Edison no tardó en presentar un tren que alcanzaba los 65 km/h y estaba provisto de un sistema de freno eléctrico. Sin embargo, los conservadores magnates de los ferrocarriles no creyeron posible reemplazar la locomotora de vapor por la eléctrica y la idea del tren eléctrico se paralizó. A los pocos años, Edison perdió el interés en este campo: las patentes no devengaban mucho y el apoyo de Henry Villard desapareció con la quiebra de su compañía, la Northern Pacific Railroad. De todos modos, tampoco se desentendió del proyecto: mientras Edison se dedicaba al alumbrado, encargó a Frank Sprague que continuara con el desarrollo de un motor eléctrico para tranvías urbanos, terreno en el que consiguió grandes éxitos.

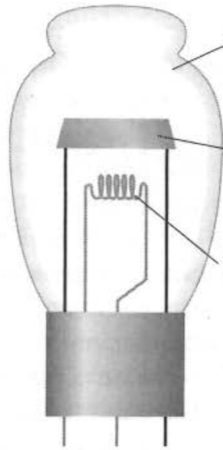
mismo cada uno de los elementos necesarios para una instalación de alumbrado doméstico incluido hasta el más pequeño detalle. En 1880, con treinta y tres años, arriesgó todo su capital en esta empresa. Transformó un viejo granero de las cercanías de Menlo Park en una fábrica de lámparas de incandescencia, con sus colaboradores Johnson, Batchelor y Upton como socios minoritarios; fundó la Edison Machine Works en Nueva York para la fabricación de portalámparas, interruptores, fusibles, casquillos, y más tarde, incluso dinamos; luego creó la Edison Electric Illuminating Company con el fin de iluminar casas y calles de Nueva York mediante una gran central eléctrica. Ante los decididos avances del inventor, esta vez los principales financieros de la banca, ferrocarriles y telégrafos aceptaron aportar capital a la empresa. Lleno de entusiasmo y energía, Edison se mudó a Nueva York para emprender la ingente tarea de su electrificación.

En febrero de 1881 Edison alquiló una lujosa villa de cuatro pisos en la Quinta Avenida, una de las zonas más elegantes de Nueva York, para instalar su cuartel general y una sala de exposiciones para la presentación de sus nuevos inventos. El sistema eléctrico para la iluminación del edificio serviría como modelo para los que más tarde se instalarían en otras villas residenciales, comenzando por las de las poderosas familias Vanderbilt y Morgan. Edison eligió una zona que formaba un cuadrado de 800 m con Wall Street y el East River como lados; allí vivían muchos financieros y hombres de negocios. Para captar clientela preguntaba si cambiarían el gas por la electricidad por el mismo coste y, partiendo del consumo de gas registrado en cada casa, calculaba la correspondiente demanda de energía eléctrica.

En los números 104 y 106 de Goerck Street, cerca del puerto, se instaló una factoría de maquinaria pesada, en la que Kruesi comenzó con la construcción de una nueva generación de dinamos ayudado por cientos de trabajadores. Hasta el momento sus dinamos podían alumbrar 60 lámparas, lo que en términos actuales supondría una capacidad de 6 kW, demasiado poco para la capacidad que necesitaba la central eléctrica que pensaba instalar.

Edison quería desarrollar un tipo de generador capaz de conectarse directamente a una máquina de vapor, prescindiendo

EL EFECTO EDISON



Dispositivo ideado por Edison, posteriormente denominado «diodo».

En 1883 Edison realizó el descubrimiento de un efecto físico que se considera su única aportación de tipo científico. Años atrás había observado que la cara interna de la bombilla de vidrio de la lámpara de incandescencia se ennegrecía, al parecer por el depósito de partículas de carbón del filamento. Como la vida e intensidad lumínica de las lámparas se reducía a causa de este fenómeno, intentó encontrar una explicación al desplazamiento de las partículas de carbón desde el filamento incandescente hasta las paredes interiores de la bombilla. Constatado que las partículas solo se desprendían de la parte del filamento conectada al polo negativo de la lámpara, en 1882 diseñó una lámpara con un electrodo incorporado que debía atraer las partículas desprendidas en el caso de que estas estuvieran cargadas. El modelo se parecía mucho a los tubos de vacío de dos electrodos (diodos) que se desarrollarían más tarde. En 1883 observó que la electricidad fluía por el espacio vacío del interior de la lámpara de manera estable y señaló que el flujo de corriente era proporcional a la temperatura de incandescencia del conductor, o visto de otro modo, al rendimiento lumínico de la lámpara. Aprovechando este fenómeno, Edison patentó un dispositivo que permitía regular la tensión y sugirió que con el flujo de corriente podría operar un telégrafo sonoro. Ni Edison ni sus contemporáneos sabían entonces que en su primitivo tubo de vacío se liberaban electrones del cátodo incandescente que fluían a través del vacío hacia el electrodo positivo (ánodo), cerrando así el circuito. Los electrones serían propiamente desconocidos hasta 1897, cuando el físico británico J.J. Thomson (1856-1940) los contextualizó y mostró su existencia tras estudiar el denominado «efecto Edison». En su momento, el hallazgo fue acogido con interés por la comunidad científica, asombrada de que, aparentemente, la corriente eléctrica pudiera fluir por el vacío, pero Edison perdió pronto el interés por su tubo catódico. Este primer instrumento «electrónico» haría posible aparatos como las válvulas de vacío, la televisión, el radar y otros muchos dispositivos abanderados de una nueva era tecnológica.

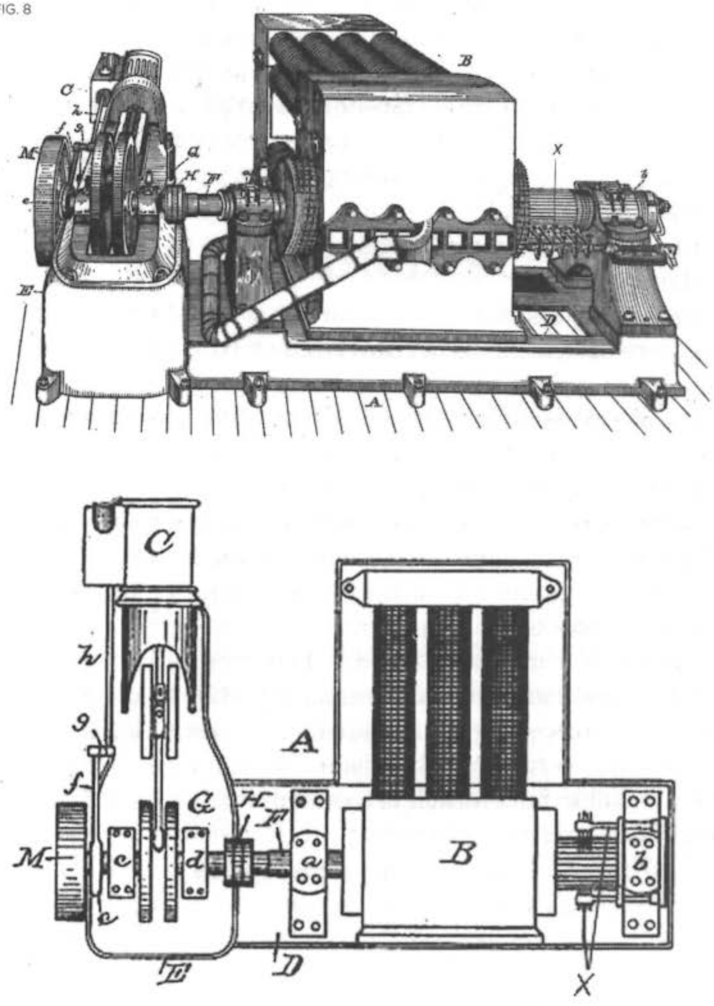
de correas de transmisión. Sin embargo, para suministrar una tensión de 110 voltios las máquinas tendrían que funcionar a alta velocidad, cerca de 1 000 revoluciones por minuto, lo que estaba muy lejos de las posibilidades de una máquina de vapor. Edison tuvo que encargar la construcción de una máquina de vapor de 120 CV que alcanzara las 350 revoluciones por minuto, para alimentar las nuevas dinamos que estaba desarrollando para alumbrar 1 200 bombillas.

La central eléctrica debería ubicarse en el centro del entramado urbano. Edison escogió dos edificios en los números 255 y 257 de Pearl Street para instalar la primera central eléctrica de Estados Unidos. En la planta superior, soportadas por una estructura de hierro, se situaron hasta seis de las nuevas dinamos de varias toneladas de peso y 147 kW (200 CV), que recibieron el apodo de «Jumbo», como el famoso elefante, por su tamaño gigantesco (figura 8). Las calderas de las máquinas de vapor que las movían se instalaron en la planta baja. Por razones de seguridad, Edison tendió bajo tierra los 25 km de conducciones eléctricas, utilizando para ello tubos de 6,8 m de largo.

La primera puesta en marcha de dos de las dinamos en julio de 1882 resultó un fracaso: la velocidad de revolución de los ejes no podía regularse convenientemente, por lo que ambas máquinas se interferían entre sí. Este problema se resolvió más tarde gracias a un regulador de revoluciones centrífugo. Por precaución, en la inauguración oficial de la central, en septiembre, solo se puso en marcha una dinamo: en vez de poder suministrar electricidad a miles de casas, como estaba previsto, solo se pudieron conectar 400 lámparas correspondientes a 85 usuarios. El negocio de suministro de electricidad de Edison empezaba lentamente y plagado de accidentes domésticos, como incendios provocados por cortocircuitos.

Todavía habrían de pasar muchos años antes de que se generalizara el suministro de energía eléctrica en las ciudades. El sistema que había diseñado Edison, que operaba con corriente continua (CC, o DC por su denominación en inglés, *direct current*) tenía un funcionamiento adecuado en centros urbanos densamente poblados y en plantas aisladas que dieran suministro a un solo edificio,

FIG. 8



Esquema de una de las dinamos de la central eléctrica.
A: base de hierro fundido;
B: electroimán;
C: motor de alta velocidad; F: eje del inducido;
a, b: soportes del eje del inducido;
G: eje del motor;
c, d: soportes del eje del motor; M: volante de inercia;
H: acoplamiento de los ejes;
E: soporte elevado del motor;
X: escobillas;
e: correa; f: barra;
g: barra oscilante;
h: vástago.

como una factoría o un almacén. El problema era que, por encima de una distancia aproximada de un kilómetro las pérdidas de energía en el transporte de la electricidad lo hacían ineficaz. Edison aumentó la distancia a la que podía suministrarse la energía eléctrica respecto de la planta generadora añadiendo el tercer

cable de polarización neutra, pero aun así a mitad de la década de 1880 tuvo que enfrentarse a la competencia creciente de la corriente alterna (CA, o AC, por *alternating current*). La CA demostró ser más eficiente en el transporte a larga distancia, gracias a la posibilidad de ser transformada a tensiones muy elevadas, con minimización de las pérdidas energéticas, y luego convertirse a tensiones bajas aptas para el uso doméstico. El sistema CA se basaba en un proceso múltiple de conversión mediante el uso de transformadores.

De hecho, las dinamos de Edison generaban corriente alterna, pero las escobillas la convertían en corriente continua. Sin embargo, el inventor se negó obstinadamente a desarrollar un sistema de CA asegurando que la alta tensión era inherentemente peligrosa. Pero lo cierto es que había invertido demasiado dinero y esfuerzo en implantar su sistema como para rendirse fácilmente a la nueva tecnología. La lucha que libró contra los valedores de la CA, el magnate de Pittsburg, George Westinghouse (1846-1914), y el inventor e ingeniero de origen serbio Nikola Tesla (1856-1943), sería conocida como la «guerra de las corrientes». Cuando los socios de su compañía eléctrica le forzaron a subirse al tren de la nueva tecnología basada en la CA, en 1891, ya era demasiado tarde. En febrero de 1892, los popes financieros del sector eléctrico forzaron la fusión de la Edison Electric Light Company con otras compañías para formar la todopoderosa General Electric, en la que dejaron de lado a Edison.

CAPÍTULO 6

Imágenes en movimiento: el kinetoscopio

El último escenario de las conquistas de Edison fue el gran complejo de investigación que edificó en West Orange, Nueva Jersey. Allí desarrolló el kinetoscopio, una máquina de cine pionera para la que tenía ambiciosos planes que incluían sistemas de sonido y representación tridimensional. A través de las empresas subsidiarias de su corporación, Edison se haría un lugar en la industria del entretenimiento, manteniéndose a la cabeza más por operaciones empresariales que por el brillo de sus invenciones.

Mary Edison, primera esposa del inventor, falleció en 1884, cuando todavía no había cumplido treinta años. Edison, que era siete años mayor, reaccionó a la pérdida sumergiéndose en el trabajo. Millonario y director de importantes empresas industriales, se convirtió pronto en uno de los viudos más deseados del país. En 1885 conoció a una muchacha de dieciocho años llamada Mina Miller que conseguiría despertar su interés por la vida fuera del laboratorio. La pareja contrajo matrimonio a principios del año siguiente.

Visitando lugares para adquirir una casa de verano, los recién casados vieron una gran mansión de estilo palaciego, la villa Glenmont, en West Orange, Nueva Jersey. Encantado con el lugar, el inventor decidió no solo instalarse allí con su nueva familia, sino construir a su alrededor un laboratorio renovado y más espacioso y un complejo de viviendas para los trabajadores. En 1887 se erigió en West Orange el mayor y más completo laboratorio de investigación del mundo, diez veces más grande que Menlo Park.

El edificio principal del complejo de investigación era una construcción de ladrillo de cuatro plantas y 76 metros de largo. Albergaba una extensa biblioteca con 10 000 volúmenes, una colección de sustancias químicas, talleres de maquinaria, almacenes, una sala de motores y un laboratorio eléctrico. Una alambrada de espinos y un cuerpo de guardia protegían el edificio. La

plantilla de investigadores se completó con expertos científicos, delineantes y diseñadores técnicos hasta constar de unas sesenta personas. El laboratorio era una organización colectiva. Los responsables de los departamentos informaban personalmente a Edison cada mañana sobre la marcha de las investigaciones. Se asignaban ayudantes de laboratorio a diferentes proyectos mientras Edison supervisaba y se involucraba directamente en diferentes grados, intentando visitar una vez al día las distintas secciones. A veces se retiraba a una dependencia apartada para experimentar con tranquilidad.

El propósito de Edison en West Orange era inventar cosas útiles que cualquier persona necesitara y estuviera dispuesta a comprar a un precio asequible. Pero a pesar de las modernas y extensas instalaciones, Edison no conseguiría nunca superar los inventos creados en el austero caserón de madera de Menlo Park. Habiendo coronado la cima de la iluminación eléctrica, se enfrascó en la mejora definitiva del fonógrafo, como ya se ha dicho, con la intención de consolidarse en la industria del entretenimiento. Todavía luchaba por la primacía de sus «grabaciones» fonográficas frente a la amenaza de los discos, cuando topó con dispositivos pioneros que ofrecían una posibilidad comercial en la que nunca había pensado: el negocio de las imágenes en movimiento.

LOS PRIMEROS PASOS DEL CINE

La idea de capturar el movimiento es muy antigua. Los egipcios ya conocían el principio científico de la persistencia de la visión, como demuestra la decoración de la fachada de algunos templos donde se aprecian figuras en diferentes fases de una acción, que, al contemplarse desde un caballo al galope producen la ilusión óptica del movimiento. Pero el nacimiento del cine necesitaría que la ciencia y la tecnología lograran un grado de desarrollo que solo sería posible en el siglo XIX. En 1824 el secretario de la Royal Society de Londres, Peter Mark Roget (1779-1869), médico, físico y matemático, publicó la obra *Persistencia de la visión en lo que*

afecta a los objetos en movimiento. En ella establecía que el ojo humano retiene las imágenes durante una fracción de segundo después de que el sujeto deje de tenerlas delante. El cerebro, por lo tanto, tiene un umbral de percepción por debajo del cual las imágenes parecen continuas. Los 24 fotogramas por segundo característicos del cine están dentro de este umbral de percepción, al que se suma el efecto estroboscópico, investigado más tarde, que facilita la conexión mental entre fotogramas y permite ver una serie de imágenes estáticas con la sensación de movimiento único y continuo.

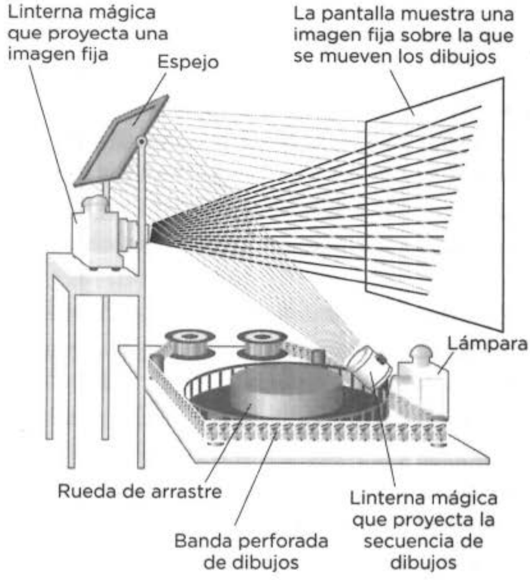
Durante los años siguientes numerosos inventores inspirados en las teorías de Roget construyeron aparatos con nombres de ecos griegos que buscaban producir la ilusión del movimiento, a menudo empleados como juguetes. El ingenio más elaborado apareció en 1878. El praxinoscopio (figura 1), del inventor francés Émile Reynaud (1844-1918), consistía en un tambor giratorio con un anillo de espejos colocado en el centro. Los dibujos estaban situados en la pared interior del tambor y, al girar este, su reflejo en el espejo reproducía un movimiento continuo.

FIG. 1



Años más tarde el propio inventor desarrolló una variante perfeccionada y diseñada como espectáculo de masas parecido a lo que después se conocería como cine: el teatro óptico (figura 2, en la página siguiente). Mediante una linterna mágica, un aparato que proyectaba transparencias gracias a un juego de lentes, Reynaud creó lo que algunos consideran los primeros di-

FIG. 2

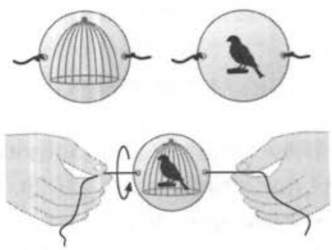


bujos animados de la historia. Las «Pantomimas luminosas» consistían en un fondo fijo sobre el que se animaban dibujos gracias a una larga banda de más de 500 transparencias, perforada para que una rueda la moviera con suavidad. En Estados Unidos y en Europa se comenzaron a animar imágenes dibujadas a mano mediante dispositivos que se hicieron famosos en los salones de la clase media. Se descubrió que si 16 imágenes de un movimiento que había transcurrido en un segundo se hacían pasar ante la vista de manera sucesiva en el mismo período de tiempo, la persistencia de la visión las unía y hacía que se vieran como una sola imagen en movimiento.

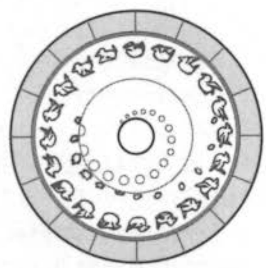
Pero en realidad el cine se lo debe todo a la fotografía. De hecho, se define la cinematografía como el arte de representar sobre una pantalla imágenes en movimiento por medio de la fotografía. Este arte nació en el primer cuarto del siglo XIX, cuando el químico francés Nicéphore Niépce (1765-1833) intentaba mejorar

JUGUETES VICTORIANOS

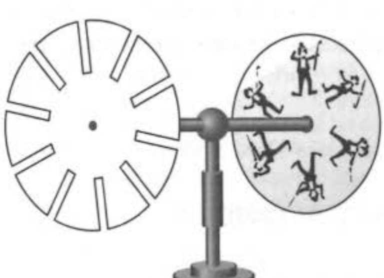
El primero de los inventos victorianos que estudiaban la ilusión del movimiento fue, en 1824, el taumatropo, de John Ayrton Paris (1785-1856), que consistía en un disco de cartón que giraba suspendido de un hilo de manera que fundía los dibujos de ambas caras en una sola imagen. La teoría de Roget de que una rueda que gira parece inmóvil cuando se la observa de modo intermitente detrás de una serie de líneas verticales paralelas inspiró varias máquinas alrededor de 1830. El fenasquistiscopio, del físico belga Joseph Plateau (1801-1883), era un disco con dibujos en su borde exterior que parecían moverse al rotar este; el estroboscopio, del inventor austriaco Simon von Stampfer (1792-1864), comprendía dos discos, el primero con ranuras y el segundo con dibujos, que representaban la acción continua al mirar los dibujos a través de las ranuras. Unos años más tarde, en 1834, apareció el conocido juguete llamado zootropo, del matemático inglés William George Horner (1789-1837), que constaba de una serie de dibujos impresos horizontalmente en bandas de papel colocadas verticalmente en el interior de un tambor giratorio montado sobre un eje y con ranuras verticales. Al girar el tambor y mirar a través de las ranuras, los dibujos cobraban vida.



Taumatropo



Fenasquistiscopio



Estroboscopio



Zootropo

una técnica de litografía y consiguió que unas imágenes reflejadas en el interior de una cámara oscura se fijaran químicamente. Su primera fotografía, de 1826, fue un paisaje, con una exposición de ocho horas. Poco antes de morir se asoció con el inventor Louis Daguerre (1787-1851), quien consiguió reducir el tiempo de exposición a 30 minutos, conquistando la gloria del invento, al que llamó daguerrotipo.

El nuevo medio conquistó Europa y, hacia 1850, las fotografías comenzaron a sustituir a los dibujos para ver imágenes animadas. A medida que la velocidad de las emulsiones fotográficas aumentó, es decir, que el soporte fotográfico reaccionaba químicamente con más rapidez ante la luz que entraba por el objetivo de la cámara, fue posible fotografiar un movimiento real en vez de poses fijas de ese movimiento. A partir de entonces muchos fotógrafos ensayaron la captura de objetos en movimiento.

La primera contribución importante al nacimiento del cine fue una serie de fotos en movimiento hechas por el fotógrafo Eadweard Muybridge (1830-1904) entre 1872 y 1877. El gobernador de California le contrató para capturar el movimiento de un caballo en una carrera celebrada en Palo Alto y resolver una polémica que enfrentaba a los aficionados a los caballos. Se trataba de comprobar si un caballo al galope mantiene en algún momento los cuatro cascos sin tocar al suelo. Muybrigde unió una serie de cables a lo largo de una pista y conectó cada uno de ellos al disparador de 24 cámaras fijas. Al pasar, el caballo tiró de los cables, y dio a Muybridge una serie de fotos que este montó en un disco estroboscópico, reproduciendo la imagen del caballo en movimiento. Su trabajo y sus ideas estimularon a muchos inventores a desarrollar sistemas parecidos.

LA CREACIÓN DEL KINETOSCOPIO

En febrero de 1888 Muybridge dio una conferencia en el condado de Orange en la que hizo una demostración de su zoopraxiscopio, el aparato con que proyectaba sus secuencias de imáge-

nes, situadas alrededor del borde de un disco de cristal. Edison acudió desde su nuevo laboratorio, que estaba muy cerca, con su fotógrafo oficial, William Laurie Dickson. Un par de días después, Muybridge acudió al complejo de West Orange ofreciendo su invento para unirlo con el fonógrafo de manera que la imagen y el sonido se reprodujeran a la vez. Aunque Edison declinó la oferta, en los siguientes meses presentó varios *caveat* en los que declaraba su intención de crear un dispositivo que hiciera «con el ojo lo que el fonógrafo hace con el oído», dentro de un sistema audiovisual integral que permitiría «ver y oír una ópera entera tan

WILLIAM LAURIE DICKSON



El inventor de origen escocés William L. Dickson (1860-1935) es considerado uno de los padres del cine. Nacido en Francia en una familia que aseguraba estar emparentada con el pintor inglés William Hogarth (1697-1764), estudió ingeniería eléctrica y se introdujo en el todavía reciente arte de la fotografía cuando aún se encontraba en Europa. Pronto emigró a Estados Unidos con su familia en busca de fortuna, que halló al ser contratado por Edison para trabajar en el laboratorio de West Orange. Al frente de su propio equipo de asistentes, Dickson fue el verdadero responsable de la creación del kinetoscopio y el kinetógrafo en una época en que Edison ya solo se involucraba como supervisor en los inventos que se llevaban a cabo en su laboratorio. En el futuro cesaría su colaboración con el inventor para fundar su propia compañía, para la que crearía una nueva cámara y un sistema de proyección. Además de fabricar maquinaria de cine, la American Mutoscope and Biograph Company rodaría sus propias películas, a menudo con Dickson como director, y se convertiría en uno de los más grandes estudios de cine de su época. En 1897 Dickson regresó a Londres, la ciudad en que había crecido, donde decidió abandonar la industria cinematográfica para dedicarse a la ingeniería eléctrica.

perfectamente como si la tuviéramos delante». Bautizó el invento con el nombre de kinetoscopio, del griego *kineto*, «movimiento», y *scopos*, «ver».

El inventor puso a Dickson al frente del proyecto con una serie de ayudantes a su cargo. La idea original consistía en grabar minúsculas fotografías en un cilindro con un baño de colodión sensibilizado con nitrato de plata. El colodión era una solución de nitrocelulosa en una mezcla de éter y alcohol que se secaba con rapidez, dejando una lámina transparente de textura parecida al celofán. Se usaba en los comienzos de la fotografía, pero era poco práctico, ya que obligaba a preparar la solución y barnizar la placa antes de cada fotografía. Además de este problema, el sistema trabajaba con imágenes muy pequeñas, pues, a poco que se aumentaran, la propia emulsión fotosensible emborronaba el visionado.

En 1889 se comenzó a trabajar con un soporte de mayor calidad: láminas de celuloide sensibilizado que se enrollaban alrededor del cilindro. En esta época se filmaron las primeras películas con el kinetoscopio, las primeras producidas con película fotográfica en Estados Unidos. Se trata de grabaciones experimentales de poca duración, sin uso comercial, en las que varios miembros del laboratorio hacen gestos exagerados y el propio Dickson aparece saludando durante apenas tres segundos. Los intentos de sincronizar sonido e imagen se abandonaron pronto con el objetivo de concentrar los esfuerzos en los problemas más acuciantes.

El viaje de Edison a la Exposición Universal de París de aquel año fue fundamental para el proyecto. Allí visitó al científico pionero de la fotografía Jules Marey (1830-1904), que había diseñado la «pistola fotográfica», la primera cámara portátil de cine. El ingenio empleaba una tira de película flexible diseñada para capturar una secuencia de imágenes a 12 fotogramas por segundo. Edison también asistió al teatro óptico de Reynaud, y vio la banda perforada que hacía pasar sus dibujos. A su regreso, el inventor incorporó ambas ideas a su kinetoscopio, que a partir de entonces se alimentaría con tira de película flexible perforada para facilitar su transporte mediante los dientes de un engranaje. Primero

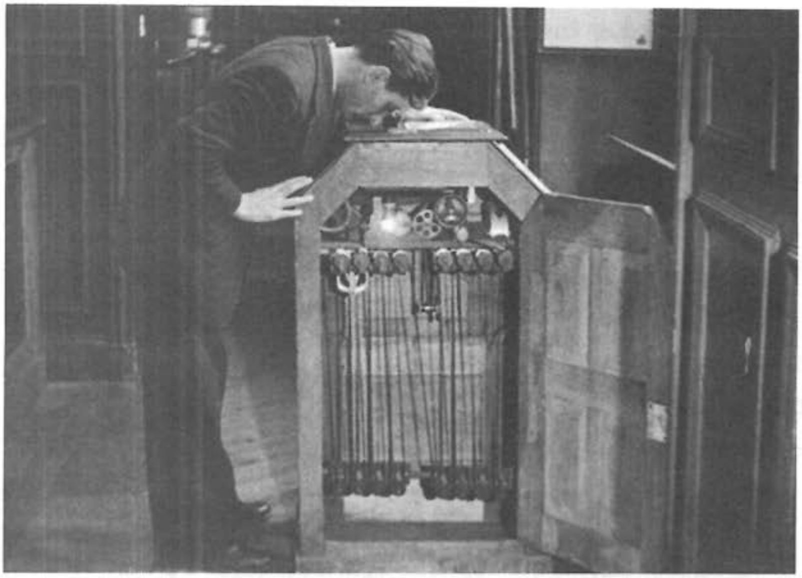
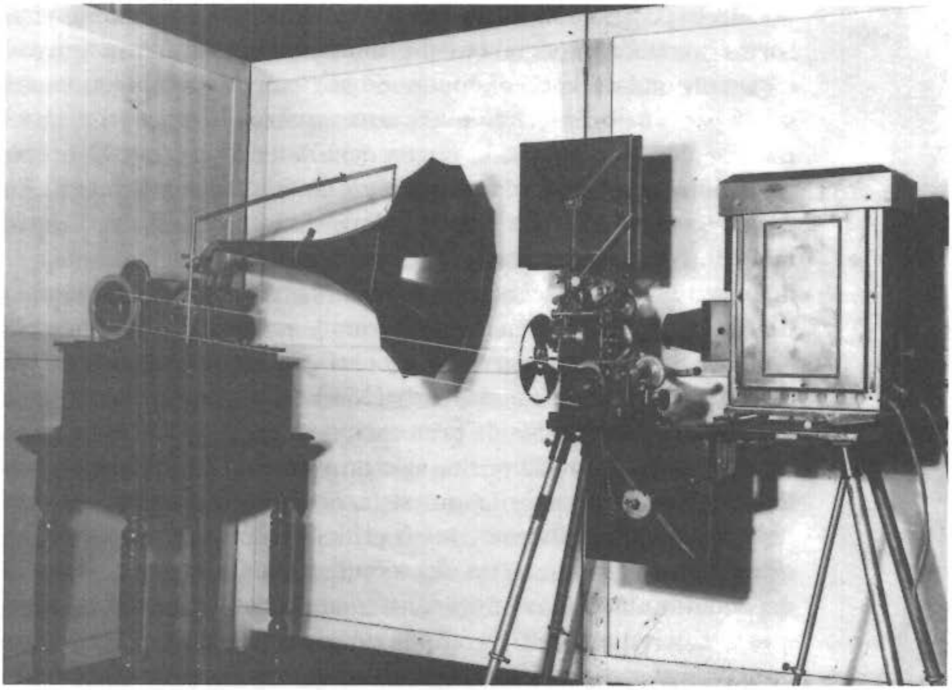


FOTO SUPERIOR:
Imagen promocional que muestra el modo de uso y el mecanismo interior del kinetoscopio, el precursor del moderno proyector cinematográfico, que hizo su aparición pública el 9 de mayo de 1893.

FOTO INFERIOR:
El sistema del kinetófono de Edison pretendía conseguir algo impensable a finales del siglo XIX: grabar imágenes con su sonido real para luego reproducirlas en sincronía.



Dickson cortó en tiras las láminas de celuloide que habían usado hasta entonces. Pero en agosto, el empresario e inventor George Eastman (1854-1932) presentó una nueva película lo suficientemente fuerte, fina y flexible para permitir el movimiento intermitente de la banda detrás de la lente de una cámara a una velocidad considerable sin romperse, resolviendo de manera inmediata este problema esencial de los primeros dispositivos cinematográficos. Dickson la incorporó de inmediato a su prototipo.

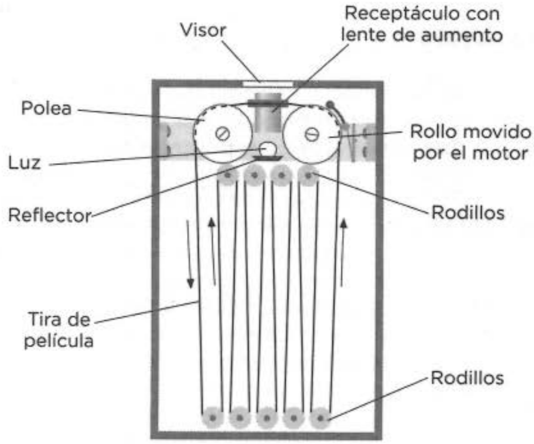
«Un genio es simplemente una persona con talento que ha hecho bien los deberes.»

— Thomas Alva Edison.

En París, Edison conoció también el electrotaquioscopio del inventor y fotógrafo alemán Ottomar Anschütz (1846-1907). Era un dispositivo de proyección basado en el empleo de discos, pero no fue la proyección lo que despertó el interés de Edison, sino otra innovación esencial que presentaba el invento. Para aprovechar la teoría de la persistencia de la visión, este ingenio usaba una fuente de luz intermitente que «congelaba» durante una mínima fracción de segundo la proyección de cada imagen. Este truco facilitaba la retención en la retina de la imagen y producía de manera muy efectiva la ilusión del movimiento continuo. Edison incorporó también la visibilidad intermitente al kinetoscopio.

En 1890 el kinetoscopio ya tenía forma (figura 3). Su núcleo mecánico se albergaba en un armarito de madera. Un bucle de película de 19 mm colgado en horizontal corría por una serie de rodillos, pasando continuamente bajo una lente de aumento. La película tenía una sola fila de perforaciones en las que encajaba una rueda dentada movida por un motor eléctrico. Una bombilla brillaba debajo de la película, proyectando imágenes en formato circular en la lente. A través de un orificio en la parte superior del armarito, adaptado con un visor similar al de un microscopio, el espectador miraba las imágenes aumentadas en la lente. Un rápido obturador giratorio producía un golpe de luz tan breve que cada fotograma parecía congelarse. Esta rápida serie de fotogra-

FIG. 3



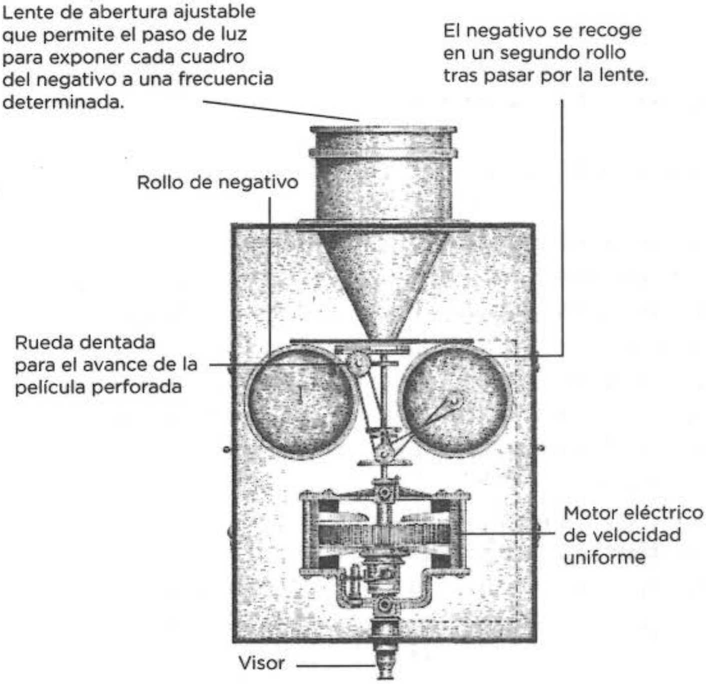
mas aparentemente congelados producía la ilusión del movimiento gracias al fenómeno de la persistencia retiniana. El interior del kinetoscopio estaba compartimentado mediante tablas de madera de modo que el motor estaba separado de la película, que corría verticalmente por todo un lado.

Quedaba por dilucidar la cuestión de cuántas fotografías por segundo debían utilizarse para grabar y reproducir. En general, la mayor cantidad de fotografías por segundo daba mayor fluidez y calidad a la reproducción, pero a su vez reducía su duración porque consumía más metros de película. Edison aseguraba haber sido «capaz de tomar con una sola cámara 46 fotografías por segundo, pero no deseo limitar mi invento a esta velocidad de trabajo, puesto que, en muchos casos, velocidades como 30 fotos por segundo, o incluso menos, son suficientes».

En 1891 se ultimaron los detalles del sistema y se preparó su desembarco comercial. Por un lado se estudió la posibilidad de la visión estereoscópica. La estereoscopia era la técnica desarrollada en 1840 por el científico e inventor británico Charles Wheatstone (1802-1875) para crear la ilusión de profundidad mediante el mecanismo de presentar una imagen ligeramente diferente para

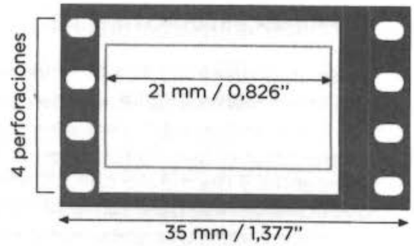
LA CÁMARA CINEMATOGRÁFICA

El equipo de Dickson también desarrolló una cámara con motor, el kinetógrafo, la primera capaz de grabar con película perforada. El problema principal a resolver en un aparato de este tipo era cómo gobernar el movimiento intermitente de la película, permitiendo que la tira se detuviera el tiempo suficiente como para que cada fotograma se expusiera durante el tiempo necesario, y entonces avanzara rápidamente (en 1/460 de segundo) al siguiente fotograma. Dickson lo resolvió aplicando un mecanismo de escape a la rueda dentada que tiraba de la película. Un escape es un dispositivo que convierte el movimiento rotacional continuo en movimiento oscilatorio; es la fuente del sonido de tic tac que producen los relojes. Este mecanismo sería superado en su uso para cámaras de cine por el sistema de la rueda de Ginebra o «cruz de Malta», un mecanismo que convierte un movimiento circular continuo en un movimiento circular intermitente, que se convertiría en el estándar de la industria para conseguir el movimiento de desplazamiento y parada de alta velocidad.



cada ojo, como ocurre en la percepción humana. El intento no tardó en ser abandonado. El segundo proyecto, mucho menos ambicioso, pero mucho más práctico, tuvo más éxito. Se trataba de adaptar la máquina para que operara con monedas de cinco centavos a través de una pequeña ranura.

FIG. 4



En otoño de 1891 el diseño del kinetoscopio estaba acabado. Empleaba película con un ancho de 35 mm y los cuadros secuenciados en vertical, con cuatro perforaciones a ambos lados, el formato que adoptaría toda la industria del cine y que aún se usa hoy día (figura 4).

A LA CONQUISTA DEL MERCADO

La presentación mundial del kinetoscopio se hizo el 9 de mayo de 1893, retrasada a causa de los intereses que Edison mantenía en otros campos y de la baja por un ataque de nervios que apartó a Dickson del laboratorio durante casi tres meses. La primera película que se mostró fue una escena titulada *Herreros*, donde tres personas fingían realizar trabajos de herrería. Dirigida por Dickson y rodada por un ayudante, la película se filmó en un estudio construido para este propósito por Edison, llamado Black Maria. Esta instalación se considera el primer estudio de producción de cine de Estados Unidos.

El 14 de abril de 1894 se abrió un salón público de kinetoscopios en la calle Broadway de Nueva York, considerado el primer cine comercial. El local tenía diez máquinas colocadas en dos filas de cinco, mostrando películas diferentes. Por 25 centavos, el precio de la entrada a un teatro de vodevil, el público podía ver todas las películas de una fila. Medio dólar daba acceso a todo el espectáculo. Edison había fabricado las máquinas y filmado las películas,

EL PRIMER ESTUDIO DE CINE

El estudio Black Maria se comenzó a construir en diciembre de 1892. Era una sala oscura completamente cerrada con planchas de cartón alquitranado. Como era un lugar pequeño e incómodo para trabajar, pronto recibió el mismo nombre que los furgones de la policía de la época, que eran estrechos, sofocantes y del mismo color. Disponía de una enorme ventana en el techo que podía abrirse para aumentar la iluminación, ya que las primeras filmaciones necesitaban una gran cantidad de luz. La edificación en su conjunto se alzaba sobre una plataforma de raíles para poder desplazarla en busca del sol. Las películas grabadas allí se depositaron a partir del verano de 1893 en la Biblioteca del Congreso para solicitar derechos de autor. La primera película de la historia del cine con copyright fue *El estornudo de Fred Ott*, una escena filmada en Black Maria con motivos publicitarios que mostraba al colaborador de Edison estornudando de forma cómica.

pero su comercialización corría a cargo de la nueva Kinetoscope Company, dirigida por empresarios del entretenimiento. En aquel momento comenzaba una profunda transformación de la vida y la cultura norteamericanas, y, por extensión, dada la influencia que cobraría aquella industria naciente, del mundo entero.

El kinetoscopio fue un éxito inmediato. Pronto se abrieron salas estables en Chicago y San Francisco y salones temporales por todo el país. El rentable negocio de las salas produjo el nacimiento de una multitud de compañías que adquirían los derechos de explotación. El primer año reportó cientos de miles de dólares de beneficio para todos los involucrados.

Una de las nuevas empresas, la Kinetoscope Exhibition Company, pensó en combinar la popularidad del kinetoscopio con la del boxeo, conduciendo con ello a una serie de importantes innovaciones. El kinetógrafo, es decir, la cámara, solo tenía capacidad para filmar 15 metros de negativo, con una velocidad de grabación por lo general de 40 fotogramas por segundo (FPS). A 52 fotogramas por metro, la duración máxima de la grabación era de unos 19-20 segundos. A 30 FPS, la película podía durar 26-27 segundos. Las películas filmadas a 16 FPS habían superado los 40-45 segun-

dos. Pero incluso a la velocidad más baja, la duración era insuficiente para encajar un asalto de boxeo o un intercambio aceptable de puñetazos. Además, a 16 FPS el movimiento no mostraba los movimientos rápidos con fluidez. El kinetógrafo y el kinetoscopio se modificaron a instancias de los directivos de la nueva empresa para operar una película tres veces más larga que la habitual.

En junio se rodó en Black Maria un combate con seis asaltos cortos entre dos boxeadores a 30 FPS con la película más larga empleada hasta el momento. La producción se estrenó en agosto mostrando los asaltos por separado, a 10 centavos cada uno, lo que significaba 60 centavos por todo el combate. El éxito del espectáculo hizo que la compañía planificara una serie de combates con apariencia de competición, aunque al parecer estaban amañados. Por ese motivo se firmó un contrato en exclusiva con el famoso peso pesado James Corbett (1866-1933) que le impedía rodar con otras compañías, el primer contrato de estrella de cine.

El fenómeno del kinetoscopio alcanzó el otro lado del Atlántico, con efectos muy beneficiosos para la historia del cine. En verano de 1894 se hizo una demostración en París a la que acudieron dos hermanos franceses, los Lumière, que trabajaban desde 1892 en la posibilidad de fotografiar imágenes en movimiento. En octubre se abrió en Londres la primera sala de kinetoscopios fuera de Estados Unidos, después de lo cual el sistema se extendió a toda velocidad por Europa, copiado por muchos inventores y fabricantes. Edison no había protegido sus patentes fuera de Estados Unidos, porque, de hecho, su tecnología combinaba innovaciones que había visto en el extranjero y era plenamente consciente de que sus solicitudes de patente se encontrarían con muchos problemas. Tras años de luchas en otros campos, prefería evitar enzarzarse en batallas judiciales siempre que fuera posible.

FORJANDO LA INDUSTRIA DEL ENTRETENIMIENTO

El kinetófono fue el intento temprano de Edison y Dickson de crear un sistema de sonido para el cine. La primera prueba filma-

da del sistema se rodó en Black Maria a finales de 1894 o principios de 1895 y muestra a un hombre tocando el violín para una pareja que baila siguiendo el ritmo. A causa del incendio que arrasaría el laboratorio de West Orange en 1914, esta primera prueba ha acabado siendo la única película rodada con sonido en directo que ha sobrevivido del kinetófono.

«Para inventar solo se necesita una buena imaginación y un buen montón de basura.»

— Thomas Alva Edison.

Esta prueba, y otras, demostraron que la idea de sincronizar imagen y sonido era un logro muy difícil para la tecnología del momento. Cuando el dispositivo se comercializó en primavera, se trató solo de un kinetoscopio con la caja modificada para incluir un fonógrafo, sin ninguna sincronización. El espectador escuchaba a través de un tubo de sonido o auriculares un fonógrafo donde sonaba música apropiada o algún sonido aproximado a la imagen, por lo general, temas de baile o marchas que los exhibidores podían variar si lo deseaban cambiando el cilindro. Solo se construyeron 45 kinetófonos.

En aquel momento la tendencia general de los empresarios del sector era considerar que el verdadero futuro del cine como entretenimiento estaba en la proyección. Edison rechazaba la idea, considerando que sería «matar la gallina de los huevos de oro». Pensando como fabricante, creía que el negocio estaba en conseguir que cada espectador pagara por un visionado exclusivo, con una máquina por persona y visionado. Si una gran multitud veía a la vez una película, con un número limitado de proyectores podría satisfacerse la demanda de todo el país. Sus socios le presionaron para que investigara la posibilidad de desarrollar un sistema de proyección. A regañadientes, asignó uno de sus técnicos a la Kinetoscope Company sin informar a Dickson, quien, al tener noticia de ello, se sintió agraviado. Dickson sumó esta decepción a las que ya llevaba acumuladas en su trabajo con Edison y dio el paso definitivo hacia su ruptura con él en la primavera de 1895.

El 22 de marzo de aquel año los hermanos Lumière, Auguste (1862-1954) y Louis (1864-1948), presentaron un aparato llamado cinematógrafo, que operaba como cámara y proyector, en la Societè d'Encouragement à l'Industrie National, mostrando la célebre filmación *Salida de los obreros de la fábrica*, rodada tres días antes. Aunque la primera sesión ante un público comercial, como espectáculo de pago, no sería hasta diciembre, durante aquel año hicieron diversas presentaciones en sociedades científicas y universidades, y la noticia de su logro estuvo en boca de todos los especialistas de la incipiente industria.

Los socios de Edison vieron con claridad que el kinetoscopio perdería la lucha contra la proyección. En su segundo año de comercialización, los beneficios del kinetoscopio habían caído en picado, y algunos colaboradores habían abandonado el laboratorio de West Orange para investigar la proyección para otras compañías o establecerse por su cuenta. La deserción más destacada fue la de Dickson, que se unió a los socios de la Kinetoscope Exhibition Company para formar la American Mutoscope and Biograph Company. La nueva empresa desarrolló un sistema proyector llamado eidoloscopio, que el 2 de mayo realizó en Nueva York la primera proyección cinematográfica comercial, antes que la de los hermanos Lumière, presentando el tema que tanto interesaba a sus asociados, un combate de boxeo, de entre cuatro y ocho minutos de duración.

Por fortuna, los múltiples socios de Edison complementaban su visión empresarial cuando a él le faltaba. A finales de 1895 dos jóvenes inventores, Charles Francis Jenkins (1867-1934) y Thomas Armat (1866-1948), presentaron un proyector llamado phantoscopio, para cuya comercialización necesitaban apoyo de una compañía poderosa. Los directivos de la Kinetoscope Company, que veían disminuir sus ingresos sin que Edison se tomara la proyección en serio, negociaron con ellos para comprar los derechos de explotación del invento, previa aprobación de Edison. La Edison Manufacturing Company fabricaría la máquina y produciría películas para ella, a condición de que se anunciase como una nueva invención de Edison con otro nombre.

Con el marchamo de Edison, el publicitadísimo vitascopio se unió a la legión de proyectores que se estaban convirtiendo

en una atracción popular en ferias y teatros de las ciudades más importantes de Estados Unidos. Sin embargo, apenas un año más tarde, Edison ordenó el desarrollo de un sistema propio. El resultado sería el proyectoscopio, al que siguieron múltiples iteraciones del kinetoscopio adaptado a la proyección, con los que las compañías de Edison intentaban mantener su presencia en el negocio del entretenimiento a toda costa.

Sin embargo, con su obstinación habitual, Edison no había abandonado del todo la idea del cine sonoro. Tras varios años de éxitos con producciones cinematográficas como el primer western de la historia y film pionero del lenguaje audiovisual, *El gran robo del tren*, de 1903, Edison reactivó la investigación. Aunque los resultados tardarían en llegar.

En 1908 patentó un sistema que recuperaba su antigua idea, conectando un proyector y un fonógrafo situado detrás de la pantalla mediante ejes rígidos, algunos escondidos bajo el suelo. La idea era poco práctica, así que dedicó varios años a perfeccionarla. En 1913 presentó el nuevo kinetófono, que unía un fonógrafo a un proyector kinestoscópico a través de correas y una serie de palancas de metal, según sus primeras pruebas de la década de 1890. Como todos los extravagantes sistemas de sonido de aquel momento, el invento despertó interés inicial, pero la novedad se desvaneció pronto. Los operadores tenían problemas para lograr la sincronización, y el sistema tampoco resolvía los problemas habituales de la amplificación insuficiente ni la mala calidad del sonido. En diciembre de 1914 un incendio arrasó el complejo de investigación de West Orange, destruyendo todos los originales de imagen y sonido del kinetófono y certificando la muerte del sistema de cine sonoro de Edison.

En otoño de 1926, a los setenta y nueve años, Edison anunció su intención de retirarse, dejando a su hijo Charles como jefe de la corporación que agrupaba todas sus empresas, la Thomas Alva Edison Inc., y a su hijo más joven, Theodore, como miembro del consejo de administración y director técnico. Al cargo de sus hijos, la corporación alcanzaría un gran esplendor.

En 1929 el inventor retirado contrajo una grave pulmonía complicada con trastornos digestivos y renales; la enfermedad

EL INSTITUTO EDISON

En 1929, el magnate de los automóviles Henry Ford (1863-1947) mandó construir en Dearborn, Michigan, un grandioso complejo-museo de los inventos dedicado a su gran amigo Thomas Alva. El «Instituto Edison» albergó una extensa colección de aparatos técnicos desarrollados por el inventor, exhibidos en funcionamiento, y se alzó en el centro de una recreación detallada del pueblo natal de aquel, con las granjas, la iglesia, las tabernas y la escuela, conocida como Greenfield Village. La pieza estrella de este conjunto museístico, que pronto se convertiría en lugar de peregrinación obligado para los admiradores del mito de Edison, era una reproducción fiel hasta el más mínimo detalle del legendario laboratorio de Menlo Park, con tablas de madera originales e incluso arcilla del suelo traída en tren desde Nueva Jersey. A su alrededor se recreó la hospedería de Menlo Park, la estación de Michigan donde Edison había trabajado de joven y la máquina de tren de la Grand Trunk con el vagón postal que aparecía en muchas de las leyendas del pequeño Edison. Estas instalaciones pueden visitarse hoy día como parte del gigantesco complejo museístico, el más grande de Estados Unidos, dedicado a la ingeniería, que conforma el Henry Ford Museum and Greenfield Village.



ya no le abandonaría. Falleció en la madrugada del 18 de octubre de 1931. La noticia recorrió el mundo en telégrafos, teléfonos y radios. Por iniciativa del presidente de Estados Unidos, muchos ciudadanos apagaron las luces durante dos minutos para acompañar en su último viaje al hombre que había convertido la bombilla en el símbolo de la ideación, de la imaginación, de la creación genial.

Lecturas recomendadas

BODANIS, D., *El universo eléctrico*, Barcelona, Planeta, 2006.
CAPILLA, A. y VIDAL, N., *Orígenes del cine*, Valladolid, Divisa, 2007.
FRIEDEL, R. E ISRAEL, P., *Edison's electric light: the art of invention*, Baltimore, John Hopkins University Press, 2010.
VOGTLE, F., *Edison*, Barcelona, Salvat, 1994.
WEIGHTMAN, G., *Los revolucionarios industriales; la creación del mundo moderno 1776-1914*, Barcelona, Ariel, 2008.

The Thomas Edison Papers, Rutgers, The State University of New Jersey, Piscataway (documentación y patentes originales de Edison): http://edison.rutgers.edu/index.htm.

Índice